

المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

• الجزء الأول والجزء الثانى •



دكتور

محمد فريد فتحى

قسم الجغرافيا - جامعة الإسكندرية

دار المعرفة الجامعية
طبع نشر توزيع

المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

الجزء الأول والجزء الثاني

الطبعة الثالثة مزيّدة ومنقّحة

دكتور

محمد فريد فتحي

قسم الجغرافيا

كلية الآداب - جامعة الـ

٢٠١١



عدد الصفحات :- ٥٣٦

المؤلف :- محمد فريد فتحي

عنوان الكتاب :- المساحة للجغرافيين

رقم الابداع :- ٧٤٩٧

حقوق النشر والتوزيع

جميع حقوق الملكية الأدبية والفنية محفوظة لنشر المعركة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع
الاسكندرية - جمهورية مصر العربية - ويحظر طبع أو تصوير أو ترجمة الكتاب كاملاً أو مجزأ
أو تسجيله على اشرطة كاسيت أو انقلبه على الكمبيوتر أو برمجته الا بموافقة الناشر خطياً

Copy right ©

All rights reserved

٢٠١١ م



الإدارة :- ٣٦ ش سوثير - الاخرطة - أمام كلية الحقوق - جامعة
الاسكندرية - جمهورية مصر العربية
تليفاكس :- ٠٠٢٠٣٤٨٧٠١٦٣
محمول :- ٠٠٢٠١٢١٦٦٦٩١٣
الفرع الثاني :- ٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي - الاسكندرية

Email: -

darelmaarefa@gmail.com, d_maarefa@yahoo.com

Web site: - www.darelmaarefa.com

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قُلْ أَطِيعُوا اللَّهَ وَأَطِيعُوا الرَّسُولَ

وَمَا يُلْقِ الْأَعْيُنُ عَنِّي غُشًّا وَلَا يُمِيزُ الْبَصَرُ

بَيْنَ الْبَصِيرِ وَالْأَعْمَى

وَأَنذَرْتُكُمْ

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على رسوله المصطفى النبي الأمي
الأمين... وبعد ...

فقد توليت تدريس مادة المساحة في قسم الجغرافية، والتي تدرس في معظم
أقسام الجغرافية بالجامعات المصرية والعربية. ويرجع الاهتمام بطرح مادة المساحة
ضمن مواد الجغرافية المقررة للدراسة الجامعية، إلى علاقتها الوثيقة بالخرائط التي
هي عماد الجغرافي، وإلى مايقوم به الجغرافيون من دراسات ميدانية، تحتاج في
معظم الأحيان إلى إلمام بالعمليات المساحية المختلفة. فضلاً عن التطور الذي طرأ
على فرع حديث لعلم المساحة، وأتصد به المساحة التصويرية، الأمر الذي أدى إلى
اعتماد معظم الجغرافيين على الصور الجوية في دراساتهم

وكانت فكرة هذا الكتاب في ذهن المؤلف منذ أمد طويل، إلى أن تبلورت
الفكرة في رغبة ملحة لسد فراغ شاغر في المكتبة الجغرافية والكرتوجرافية، يشعر
به الدارسون والباحثون من الجغرافيين لهذا النوع من الدراسة. إذ أن معظم
المؤلفات في علم المساحة وفروعه تهتم بما يحتاجه المهندس المدني والمساح من
نواح هندسية ورياضية بعيدة عن إهتمام الجغرافيين.

وقد عالج المؤلف في هذا الكتاب ثلاثة موضوعات هامة بالنسبة للجغرافي.
الموضوع الأول، ويتناوله الفصل الأول ويهتم بمقياس الرسم، ولا يفوتنا ماله من
ضرورة في كل العمليات الحاسوبية. كما يتناول بالدراسة الورقيات، فما من جهاز
مساحي إلا وبه ورنية أو ميكرومتر لزيادة الدقة في القياس.

والموضوع الثاني، يختص بطرق الرفع المساحية التي تعتمد على أجهزة
وأدوات بسيطة، يستطيع الجغرافي إستيعابها وإستخدامها بسرعة، ولا تحتاج إلى

أسس رياضية وهندسية متقدمة. ويلبس القارئ ذلك فى الفصول الثلاثة التالية. والتي تتناول دراسة طرق الرفع المساحى البسيطة مثل إستخدام الجزير أو البوصلة أو اللوحة المستوية. وكان الفصل الخامس عن الميزانية، التى يعتبر إجراؤها من العمليات التى يهتم بها الجغرافى، فمن طريقها تحدد مناسيب النقط المختلفة على سطح الأرض وتشكيل القطاعات.

أما الموضوع الثالث، الذى تناوله الفصلان السادس والسابع، فيهتم بالمساحة التصويرية وإستخدام الصور الجوية، لما لها من أهمية فى الوقت الحاضر. فبالرغم من أنه لم يمض وقت طويل منذ بدء استعمال الصور الجوية فى رسم الخرائط، إلا أن الإنجازات التى تمت فى الآونة الأخيرة، جعلت منها أساساً لا غنى عنه فى الدراسات الجغرافية وتفسير الظواهر الجغرافية والبشرية. وقد زود الفصل الأخير بعدد من اللوحات لأزواج من الصور الجوية، تمثل مظاهر جغرافية مختلفة، يمكن للقارئ فحصها وتفسيرها إستريوسكوبياً.

وينوى المؤلف، بإذن الله وتوفيقه، إصدار جزء ثان. يهتم بدراسة طرق مساحية أكثر تقدماً وتطوراً من الناحيتين الرياضية والتقنية، مثل المساحة بالتىودوليت والمساحة التاكيومترية وطرق القياس الألكترونية الحديثة، بالإضافة إلى إجراء الميزانيات الشبكية وطرق حساب الحجم والكميات. وكلها طرق مساحية يحتاج إليها بعض الجغرافيين فى دراساتهم وإن كانت لا تلزم البعض الآخر، ولكن حتى نعم الفائدة وتصبح الدراسة أكثر شمولاً وفائدة للقارئ.

وسوف يتضح للقارئ أن الدراسة المقدمة فى هذا المتن، تعتمد على كثير من المصادر العربية والأجنبية، التى تعالج نفس موضوعات هذا الكتاب. وقد أثرتنا عدم ذكر هذه المراجع فى الحواشى، نظراً لأن المادة المستقاة منها هى من قبيل المعلومات التى ليس لها من الأصالة ما يحتم ذكر المصدر. ولا يقتصر هذا على المتن فحسب، بل أن معظم الأشكال قد نقلت عن هذه المصادر بشئ من التصرف. فضلاً عن حصيلة المؤلف وخبرته الخاصة فى هذا المجال من خلال ممارسته العملية والنظرية الطويلة. وقد ذكرت المراجع التى تم الاعتماد عليها فى نهاية هذا الكتاب.

وأنتى إذ أقدم هذا الكتاب إلى المكتبة الجغرافية والكولوجرافية العربية. وقد وضعت فيه ثمرة تجربة طويلة فى القراءة والتدريس والممارسة العملية، فإنتى أرجو أن يضيف جديداً، وأن يكون جهدى قد أسهم بنصيب متواضع فى خدمة زملائى والباحثين والدارسين الجغرافيين.

وإعترافاً بالفضل للذويه، فمن واجبى أن أسجل شكرى العميق لأستاذتى وزملائى بقسم الجغرافية، جامعة الإسكندرية، لما قدموه من عون لا ينكر، أسهم فى ظهور هذا الكتاب على النحو الذى أمل أن يجد فيه الجغرافيون كل عون ومساعدة.

ولا يغوتنى أن أقدم جزيل الشكر والإمتنان للأستاذ محمد إمبابى مدرس مادة الخرائط بقسم الجغرافية جامعة الإسكندرية لما قام به من جهد صادق فى مباشرة طبع وإخراج هذا الكتاب ومراجعة البروفات.

وصدق الله العظيم حيث يقول : ﴿ وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون ﴾ . والله من وراء القصد وهو نعم المولى ونعم النصير.

دكتور محمد فريد فتحى

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير الطبعة الثانية

الحمد لله الذى هدانا ، وبفضله تعالى أقدم الطبعة الثانية من كتاب المساحة للجغرافيين فى صورته الجديدة بعد أن أضفت إليه موضوعات جديدة يهتم بها الجغرافى، فزدها فصلين أولها عن طرق إيجاد المساحات والثانى عن الميزانية الشبكية وحساب كميات الحفر والردم. كما أضفنا فى فصل المساحة باللوحه المستوية موضوعاً جديداً عن القياس التاكومتري .. وذلنا كل فصل ببعض الأمثلة والتمارين.

وبهذا أكون قد أوفيت بجزء من وعدى الذى سبق أن عاهدت الله ونفسى عليه فى تصدير الطبعة الأولى، وأعد بأن أواصل العمل فى إستكمال باقى الموضوعات حتى يصبح هذا الكتاب شاملاً لكل موضوعات المساحة بصورة يرضى بها القراء الأعزاء من الدارسين.

وعرفاناً لكل ذى فضل وبفضله، أقدم بالشكر للسيد / صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة الجامعية على معاونته فى نشر هذا الكتاب.

كما أقدم بالشكر للسيد / محمد فرحات لمعاونته الطيبة فى رسم بعض أشكال هذا الكتاب.

وأخيراً، أتوجه بالشكر إلى الله جل شأنه بقوله : ﴿ ذلك فضل الله يؤتية من يشاء والله ذو الفضل العظيم ﴾.

والله من وراء القصد ومنه التوفيق.

الإسكندرية فى ١٥ مايو ١٩٨٧

المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير الطبعة الثالثة

الحمد لله والشكر لله سبحانه وتعالى عرفاناً بفضلته ونعمته. وأشكر القراء الأعزاء على هذه الثقة والإقبال لإقتناء هذا الكتاب والذي أصبح يتم تداوله فى معظم أنحاء الوطن العربى، وتوج هذا النجاح حصوله على جائزة التشجيع العلمى من جامعة الإسكندرية عام ١٩٨٨.

وسعدنى أن أقدم الطبعة الثالثة من هذا الكتاب مزودة ومنقحة وقد أضفت إليها فصلاً جديداً عن المساحة بالتيودوليت وقد آثرت فيه أن أقدم المبادئ الأساسية عن جهاز الـ تيودوليت وعن طرق إستخداماته فى القياس وعمليات الرفع المساحى، إعتقاداً على أننى أقدم هذا الكتاب للجغرافى وليس للمهندس المدني، لذلك راعيت التبسيط بما يتلاءم وإحتياجات الجغرافى. وإذا كانت هناك أجهزة أكثر تطوراً مزودة بالحاسبات الآلية أو تعتمد على القياس الألكترونى، فإن المبادئ الأساسية التى أوردناها تمثل القاعدة الأساسية لها إذا أراد الجغرافى أن يزيد معرفته عنها.

كما تم إضافة العديد من الأمثلة والتمارين فى هذا الفصل الجديد وكذلك الفصل الخاص بالمساحة الجوية. وبذلك أكون قد أنجزت ما سبق أن وعدت به. وأكرر شكرى وإمتنانى للسيد / صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة الجامعية، على ما يبذله من جهد سواء فى فن طباعة الكتب وإخراجها بصورة عصرية، ويلمس القارئ ذلك فى هذه الطبعة من لوحات ملونة أو فيما يقوم به من نشاط ملحوظ فى فتح آفاق جديدة لنشر وتوزيع الكتب المصرية بصورة عامة.

﴿ ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ﴾ ربنا ولا تحمل علينا إصراً كما حملته على الذين من قبلنا ﴿ صدق الله العظيم وهو نعم المولى ونعم النصير.

الإسكندرية فى ٢١ مارس ١٩٩٨.

المؤلف

مقدمة

علم المساحة

يعرف علم المساحة بأنه الفن الذى يحدد به المواقع المختلفة على سطح الأرض بالنسبة لبعضها، لبيان حدودها وما تشمله من معالم وتفاصيل، ويتم التحديد بقياس الأبعاد والزوايا اللازمة وتوقيعها على الورق بمقياس رسم معين وإشارات اصطلاحية على شكل خريطة أو مسقط أفقى. ويدخل فى نطاق علم المساحة بيان الصلة بين النقط فى المسقط الرأسى، أى بيان ارتفاعاتها بالنسبة لبعضها أو بالنسبة لمستوى ثابت وهو ما يعبر عنه بالميزانية Levelling .

والمساحة يمكن تعريفها بصورة أكثر تبسيطاً عما سبق، بأنها علم وفن، يبحث فى الطرق المختلفة لتمثيل سطح الأرض وما عليه من مظاهر طبيعية أو بشرية وتوقيعها على خرائط بمقياس رسم معين يوافق الغرض الذى أنشئت الخريطة من أجله وعملية تمثيل أو توقيع المعالم الموجودة فى الطبيعة على الخريطة، أى رسم المسقط الأفقى لها تسمى : عملية الرفع » .

وتعتبر الأعمال المساحية، الأساس الأول لمعظم المشروعات الهندسية مثل بناء السدود والقناطر والخزانات والكبارى وإنشاء الطرق والسكك الحديدية وشق القنوات والترع والمصارف وتسوية الأراضى، والمشروعات العمرانية الكبرى مثل إنشاء المدن والقرى والموانئ. بل إن القياسات المساحية تدخل فى أدق الأعمال الهندسية وأصغرها مثل تسوية قاعدة آلة فى مصنع أو ضبط محاورها. فالمساحة هى أساس عمل المهندس بصفة عامة والمهندس المدني ومهندس المناجم، بصفة خاصة ويندر أن يكون ببناءى عنها أكل من يعمل فى المجال الهندسى.

وتعتبر المساحة من أولى العمليات التى تحتاج إليها الجيوش فى عملياتها العسكرية وتجهيز الخطط مما يجعل أفرادها، مهما كانت طبيعة عملهم على إلمام تام بفروع المساحة أو بعضها.

ويحتاج الجيولوجى والمهندس الزراعى إلى خلفية جيدة بفروع المساحة وطرق

إجرائها، إذ تتقاسم مع كل منهما الأعمال المساحية بنصيب المثل من أعمالها الأخرى التخصصية.

ولا يخفى علينا ما للمساحة من فائدة كبيرة للجغرافى فى دراساته الميدانية، خاصة إذا ما أراد دراسة منطقة معينة لا تتوفر لها الخرائط المناسبة للقيام بدراسته.

هذا إلى جانب كثير من الفوائد التى نجنبها فى حياتنا العامة من الأعمال المساحية مثل تقسيم الأراضى وتحديد الملكيات والاستشكاف. فمن أهم أغراضها تجهيز الخرائط التفصيلية التى تبين حدود الملكيات الخاصة والعامة، ونعتمد على هذه الخرائط فى عمليات البيع والشراء وتسجيل الملكيات. كما يهتم هذا العلم بتجهيز الخرائط التى تستخدم فى دراسة المشروعات المختلفة سواء كانت هندسية أو عمرانية أو حرية أو إقتصادية أو مشروعات التخطيط المختلفة ... بل إن تعيين إتجاه القبلة فى المساجد يتم عن طريق بعض الطرق المساحية.

ومن العوامل ذات الأهمية القصوى فى العمليات المساحية، سواء الحسابية منها أو مايجرى فى الحقل (القيط) تنظيم العمل وتحقيقه. فإن النظام والترتيب له من الأهمية ما للعمل نفسه. كما أن الدقة والأمانة فى الرصد وتدوين النتائج تعتبر من العوامل الهامة التى بدونها لا يستقيم العمل. لأن التلغيق فى النتائج له عواقب وخيمة، قد تستنفذ مالا وجهداً كبيرين لتصحيحها.

وهناك عوامل تتحكم فى إختيار الطرق المناسبة التى تجرى بها الأعمال المساحية، وتعتمد على الغرض الذى تجرى من أجله المساحة. ومن هذه العوامل ضمان الحصول على المعلومات اللازمة كلها، فضلاً عن الدقة المناسبة فى العمل وتدوين النتائج، بالإضافة إلى الأخذ فى الاعتبار أقل التكاليف مع أقل مجهود ووقت ممكن.

ومعرفة طرق المساحة والإلام بقوانينها، غير كاف للقيام بالعمل على خير وجه. بل هناك ما هو أهم من ذلك، وهو فن معالجة المشاكل المختلفة. وذلك

يتألف مع المزان الصحيح والخبرة، حتى يتسنى إختيار الطرق الملائمة والأجهزة المناسبة من حيث الدقة المطلوبة والزمن والتكاليف لإجراء العمليات المساحية المختلفة.

وخريطة المساحة التي تباع بثمن زهيد، قد تكلفت كثيراً من الجهد والمال، لأنها لم تنشأ لتكون مصدر إيراد أو دخل للمهيشات المساحية فى الدولة، بل لأغراض أسمى وأهم من ذلك. فهى عون كبير لكثير من الأعمال والدراسات. ويستعملها مهندس الرى فى إقامة مشروعاته من رى وصرف وإقامة الخزانات والسدود. ويستعملها مهندس المواصلات فى إنشاء الطرق والسكك الحديدية وبناء الموانئ الجوية والبحرية. ويلجأ إليها مهندس التنظيم فى تخطيط المدن. ويستعين بها الجيش فى أعماله، وتتخذها المحاكم مستنداً أساسياً. وعلى ضوءها يهتدى الجغرافى فى دراساته الطبيعية والبشرية والاقتصادية. وتعتبر الخريطة، كما سبق أن ذكرنا أساس كل المشروعات والأعمال المختلفة.

وعلم المساحة قديم النشأة، إذ يرجع تاريخه إلى حوالى عام ١٤٠٠ قبل الميلاد فى مصر أثناء عهد الملك سيزوستريس، عندما أمر بتقسيم الأراضى إلى قطع لفرض الضرائب عليها. ولما طغى فيضان النيل على الأراضى وأغرق بعضها، أمر الملك المساحين وكان يطلق عليهم «جافى الحبال» بإعادة تعيين هذه الحدود مرة أخرى.

ويعتبر هرون Heron (عام ١٢٠ قبل الميلاد) الرائد الأول لهذا العلم، عندما أدخل العلوم الرياضية فى فن المساحة. أما المساحة الجيومترية الدقيقة أو كما تسمى بالمساحة الراقية والتي تأخذ فى اعتبارها كروية الأرض. فقد بدأت فى عصر أرسطونيس بالإسكندرية عام ٢٣٠ قبل الميلاد. وفى القرن السابع عشر الميلادى فى عصر نيوتن، أصبح هذا العلم أكثر تكاملاً وتطورت أجهزة القياس وأصبحت أكثر دقة.

وفى مصر، كان مسيو ماسى أول من قام بحمل خرائط للمساحات الصغيرة فى عهد محمد على، حيث قام بمسح كل قرية على حدة بأسقاطها على

مستوى أفقى وذلك بطريقة الترافيرسات. أما أول مساحة فنية تعتمد على أسس رياضية، فقد أجريت فى عهد الخديوى سعيد باشا، حيث أنشأ محمود باشا الفلكى مصلحة التاربع (مصلحة المساحة الآن) وقام بإنشاء شبكة المثلثات وتعيين الزوابع التى تغطى القطر المصرى حالياً.

وفى القرن العشرين حدث تطور شامل فى المساحة، حيث ظهر علم المساحة الجوية أو التصويرية . وفى الآونة الأخيرة ظهرت الأجهزة الألكترونية للقياس بدقة فى الأعمال المساحية والجيوديسية ، فضلاً عن إستخدام الأجهزة الدقيقة فى عمليات الرصد وتطور وسائل الحساب الآلى والألكترونى .

أقسام المساحة

ينقسم علم المساحة إلى ثلاثة أقسام رئيسية، يختلف كل منها عن الآخر، سواء فى طبيعة طرق الرفع التى تستخدم فى كل قسم من هذه الأقسام أو فى القواعد والقوانين المساحية لذلك، وإن كان كل قسم منها ينتهى بشرطة مساحية.

أولاً : المساحة الأرضية :

١ - المساحة الجيوديسية Geodetic Surveying :

ويطلق عليها فى بعض الأحيان المساحة الراقية High Surveying لما تعتمد عليه من أجهزة فى منتهى الدقة وقوانين وحسابات معقدة. ويخص هذا النوع من المساحة بتحديد مواقع وارتفاعات نقاط معينة على سطح الأرض. مع الأخذ فى الإعتبار أثناء القياس، الشكل الحقيقى للكرة الأرضية، وما فيها أو عليها من خواص طبيعية أو جوية مختلفة قد تؤثر على النتائج التى نحصل عليها بالقياس.

وتعتبر هذه النقط التى يتم تحديد مواقعها، والتى يطلق عليها نقاط المثلثات - الأساس الأول للمساحة المستوية. ففى أى إقليم لم تجر له مساحة من قبل، تجرى

له مساحة جيوديسية. وهى عبارة عن تقسيم الإقليم إلى شبكة من المثلثات، ذات أضلاع طويلة، يصل طولها إلى ٨٠ كيلومتراً فى بعض الأحيان، تسمى مثلثات الدرجة الأولى. وهذه المثلثات الكبيرة تقسم إلى مثلثات أصغر منها تليها فى الدرجة، وهكذا حتى يصبح طول ضلع المثلث مابين كيلومترين إلى خمسة كيلومترات فتسمى فى هذه الحالة مثلثات الدرجة الخامسة، ويطلق عليها فى بعض الأحيان « مثلثات الترافيرس ». ويقوم مهندس المساحة برفع المعالم المختلفة فى هذا المثلث الصغير بالمساحة الطبوغرافية العادية.

وتجدر الإشارة إلى أنه نظراً لطول أضلاع مثلثات الدرجة الأولى، فإن أى خطأ فى قياس زوايا المثلث يؤدي إلى أخطاء جسيمة فى أطوال أضلاعه، لأن الطول لا يقاس مباشرة، بل بحساب المثلثات عن طريق معرفة زوايا المثلث الكروى وتحويلها إلى مثلث مستوى. ولذلك تستخدم أجهزة معينة غاية فى الدقة، تقس إلى جزء من الثانية لرفع هذه المثلثات.

٢ - المساحة المستوية Plane Surveying :

وتبحث فى طرق رفع المناطق الصغيرة المساحة وتوقيمها على خرائط، وفيها تهمل كروية الأرض، ولا ينتج عن هذا الاعتبار خطأ يذكر بسبب صغر مساحة المنطقة. ويمكن تقسيم هذا النوع من المساحة إلى فرعين :

١) المساحة الطبوغرافية Topographical Surveying :

والغرض منها رسم خرائط للمناطق المتسعة نسبياً وبيان ماحويه من معالم طبيعية مثل الأنهار والجبال والوديان، وغيرها من المعالم الصناعية أو البشرية كالمدن والقرى والطرق والسكك الحديدية، وكذلك بيان إرتفاعات وإنخفاضات سطح الأرض، بحيث يمكن معرفة إرتفاع أو منسوب أى نقطة بمجرد النظر أو بعملية حسابية بسيطة عن طريق خطوط الكتور أو خطوط الهاشور.

وهذه الخرائط ترسم غالباً بمقاييس رسم متوسطة تتراوح بين ١ : ٢٥,٠٠٠، ١ : ١٠,٠٠٠، ويستعمل هذا النوع من الخرائط فى الأغراض التالية :

* الدراسات الأولية للمشروعات الهندسية الكبرى.

* دراسات التخطيط الإقليمي والاقتصادى.

* الدراسات الجيولوجية والجغرافية.

* ذات أهمية كبرى فى الأعمال الحربية.

* الأساس لإنشاء خرائط بمقاييس رسم أكبر، (الخرائط التفصيلية).

(ب) المساحة التفصيلية Cadastral Surveying :

تختص بحمل خرائط بمقاييس رسم كبير نسبياً، لبيان المعالم الموجودة فى الخرائط الطبوغرافية وزيادة توضيحها بالتفصيل. وإظهار وبيان حدود المباني والشوارع وحدود الملكيات الزراعية ... إلخ. وتسمى الخرائط التفصيلية فى الريف باسم خرائط فك الزمام ومقاييس رسمها يتراوح بين ١ : ٢٥٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠ . أما فى المدن فتسمى خريطة تفريد المدن ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ . ونظراً لكبر مقياس الرسم وكثرة التفاصيل التى يجب توافرها فى هذا النوع من الخرائط، فإنها تكون على درجة كبيرة من الدقة. وتعتبر الخرائط التفصيلية الأساس الذى يعتمد عليه فى تحديد الضرائب وربطها على الأملاك والأراضى وفى بيع وشراء وتسجيل العقارات وفى المنازعات القضائية وفى المشروعات الهندسية.

ثانياً : المساحة الجوية Photogrammetry :

وهى فرع حديث من فروع علم المساحة، يستخدم فيه التصوير الجوى بواسطة الطائرات، وتجمع الصور الجوية للمنطقة المرفوعة بطرق فنية خاصة للحصول على خريطة مصورة كاملة لها. لذلك تسمى فى بعض الأحيان بالمساحة التصويرية Aerial Photogrammetry .

ويعتبر المسح الجوى، الطريقة الوحيدة لإنشاء خرائط للأقاليم التى لا يمكن الوصول إليها، كذلك تفضل هذه الطريقة فى عمل خرائط للمساحات الشاسعة وخاصة الصحارى أو اذا كانت طبيعة الأرض بوعرة أو مغطاة بالغابات أو تنتشر فيها

المستنقعات، إذ أن إجراء مساحة لها بطرق المساحة الأرضية العادية، يحتاج إلى سنوات، فضلاً عن تكاليفها الباهظة.

وقد بدأ تقدم المساحة الجوية بطيئاً حتى قيام الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٤، فأخذت تسرع في تقدمها بدرجة ملحوظة. إذ برزت أهمية التصوير الجوي للأغراض العسكرية والمدنية على السواء. وبعد الحرب العالمية الأولى اخترعت آلات للتصوير للحصول على أدق الصور الجوية وأوضحها وآلات لتجسيم الصور وتوقيعها على الخرائط تعتمد في تشغيلها على حسابات معقدة.

وتستخدم المساحة الجوية الآن في إنشاء الخرائط لمواقع المشاريع الهندسية الكبيرة، كالمخازنات والسدود، وفي إنشاء الخرائط الطبوغرافية ذات الفترات الكثيرة الصغيرة والتي قد تصل أحياناً إلى ٢٠ سنتيمتراً في حالة إستواء الأرض. كما أن لها أهمية كبرى في العمليات الحربية، إذ أنها تزود الجيوش بخرائط مساحية، يمكن بها معرفة أماكن تجمعات العدو ومواقع ومخازن الذخيرة والطائرات الرابضة في المطارات .. وكذلك معرفة طبيعة سطح الأرض في المنطقة لتحديد الرماية وتحركات القوات، كما تستخدم أيضاً في معرفة نتائج الغارات الجوية.

كما أن استخدام المساحة الجوية، أصبح هاماً في الحياة المدنية، فهي تستخدم لإنشاء الخرائط الجيولوجية وخرائط تصنيف التربة وخرائط حصر الغلات الزراعية. وعلاوة على ما سبق فإن الصور الجوية تعطينا صورة حقيقية لسطح الأرض تدلنا على جميع الظواهر والمعلومات الطبيعية والبشرية، مهما كانت صغيرة والتي قد يسهو على المساح الأرضي القيام بتسجيلها ورفقها مساحياً. وبالرغم من أن العمل المكتبي أكثر تعقيداً، إلا أن المساحة الجوية أسرع من ناحية الوقت وأوفر في الجهد لإنتاج الخرائط لمساحات كبيرة من سطح الأرض، إذا ما قورنت بوسائل المساحة الأرضية.

ثالثاً : المساحة البحرية Marine Surveying :

هذا النوع من المساحة، يختص بإنتاج خرائط مساحية بحرية، تهتم بطبيعة

الحال بالمعلومات الموجودة فى المناطق المغطاة بالمياه مثل البحار والمحيطات والخلجان والبحيرات والأنهار وغيرها.

وقد أنتجت الخرائط البحرية أساساً لإستخدامها فى الملاحة البحرية، ولازال إنتاجها حتى الآن يدور طبقاً للمطالب الخاصة بالملاحة. لذلك نلاحظ أن معظم عمليات المسح البحرى تجرى فى المناطق التى تملكها السفن لتأمين سلامتها. والقليل من عمليات المسح البحرى الذى يجرى لغرض الأبحاث العلمية.

وتبين على الخرائط البحرية، تضاريس الأعماق من إرتفاعات وإنخفاضات تحت سطح الماء، يؤخذ فى الاعتبار حركة المد والجزر، كما يبين عليها بدقة شكل الشريط الساحلى، وما عليه من ظواهر طبيعية وبشرية يمكن إستخدامها كعلامات لإرشاد السفن.

ويستخدم لإجراء عمليات المسح البحرى، أجهزة خاصة لقياس المد والجزر وحسابه، وكذلك لقياس الأعماق، وأجهزة أخرى لتحديد المواقع أثناء العمل فى بعض الشواهد أو الظواهر الموجودة على الساحل.



الفصل الأول

مقياس الرسم

إن أول خطوة يبدأها فارس المساحة، هو التعرف على وسائل القياس، والتي يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أقسام رئيسية.

يختص القسم الأول منها بالقياس على الخريطة. ولما كانت الخريطة صورة مصغرة تمثل منطقة ما على سطح الأرض، فإننا نستخدم في سبيل ذلك ما يسمى بمقياس الرسم. وللقياس الرسم هذا صوره المتعددة:

والقسم الثاني يختص بالقياس في الطبيعة. وهذا له أدواته وأجهزته المختلفة التي نحصل بها على الأبعاد للمسافات أو الزوايا المقاسة على سطح الأرض، سواء كان ذلك بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

أما القسم الثالث فيختص بأجهزة وأدوات القياس ذاتها، وتدرج وسائل القياس عليها وبيان دقتها، وهو ما يسمى بالورنية أو الميكرومتر.

ونتناول هنا وسيلتان للقياس، هما مقياس الرسم والورنيات، أما الوسيلة الثالثة والخاصة بالقياس في الطبيعة، فهي عماد وأساس طرق الرفع المختلفة التي سنتناولها بالتفصيل في الفصول التالية من هذا الكتاب.

مقياس الرسم : Scale

من البديهي أنه لا يمكن رفع أى أبعاد من الطبيعة ورسمها على الورق بنفس الأطوال الحقيقية لها على سطح الأرض. لذلك تصغر هذه الأبعاد بنسبة معينة، تمكننا من رسم المنطقة على الورق باستخدام هذه النسبة وتعرف نسبة التصغير هذه بمقياس الرسم. أى أن مقياس الرسم هو النسبة العددية الثابتة بين أى بعد مقياس على الخريطة، ونفس هذا البعد مقاساً على الطبيعة. وتختلف هذه النسبة حسب الغرض المرسوم من أجله الخريطة ومساحة المنطقة التي توضحها الخريطة ومساحة الورق الذى سترسم عليه خريطة هذه المنطقة.

وتنقسم مقاييس الرسم إلى أنواع متعددة تختلف في صورتها، وإن كانت تتفق جميعها في غرض واحد. ويمكن تصنيف مقاييس الرسم إلى نوعين رئيسيين:

أولاً : مقاييس الرسم الكتابية :

ويطلق عليها مقاييس الرسم المددية Numerical Scales وتقدر النسبة بين الأطوال على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة في صور كتابية أو عددية. وهذه الصورة الكتابية تظهر على الخريطة بأشكال مختلفة في طريقة كتابتها، إذ تذكر بإحدى الطرق الآتية :

١ - مقياس الرسم المباشر Direct Statement Scale :

وهو أبسط أنواع مقاييس الرسم، وفيه تذكر وحدة القياس على الخريطة وما يقابل هذه الوحدة على الطبيعة كتابة. فيذكر مثلاً على الخريطة « ستيمتر لكل ٣ كيلومترات » أو « نصف بوصة لكل ميل ». ومعنى ذلك أن كل مسافة طولها ١ ستيمتر على الخريطة يقابلها ثلاثة كيلومترات على الطبيعة. أو إذا قيست مسافة بين نقطتين على خريطة وكان طولها بوصتان، فمعنى ذلك أن المسافة بين هاتين النقطتين على الطبيعة أربعة أميال .. وهكذا.

٢ - مقياس الرسم الكسرى Fractional Scale :

وفي هذا النوع يبين مقياس الرسم على خيطة كسر إعتيادي بسطه الواحد

الصحيح ومقامه عدد المرات التي تقابل هذا الواحد الصحيح مثل $\frac{1}{100}$ أو $\frac{1}{20000}$

فمثلاً إذا قيل أن خريطة رسومة بمقياس $\frac{1}{20000}$ ، فمعناها يكون نوع الوحدة

المستعملة في القياس (فرنسية أو إنجليزية)، فإن أى بعد على الخريطة طوله وحدة واحدة، يقابله على الطبيعة بعداً يساوى ٥٠,٠٠٠ مرة طول هذه الوحدة. فإذا قيست مسافة على الخريطة وكان طولها ٤ سم مثلاً، يعنى ذلك أن طولها على الطبيعة يساوى ٢٠٠,٠٠٠ سم (٤ × ٥٠,٠٠٠) على الطبيعة. وإذا بدلنا وحدة

يس ١١ البوصة وكان الطول المقاس على نفس الخريطة ٣ بوصات مثلاً، يعنى ذلك أن طوله على الطبيعة ١٥٠٠٠٠ بوصة (٣ × ٥٠٠٠٠).

٣ - مقياس الرسم النسبى Proportional Scale :

وهو عبارة عن مقياس الرسم الكسرى، ولكن فى صورة نسبة، وذلك بوضع البسط وقدره الواحد الصحيح فى طرف والمقام فى الطرف الآخر من النسبة. فيقال مثلاً ١ : ٢٠٠٠، أى أن كل وحدة واحدة على الخريطة يقابلها ٢٠٠ وحدة من نفس النوع على الطبيعة. وهو يشبه إلى حد ما مقياس الرسم المباشر، إلا أن مقياس الرسم المباشر لا يذكر طرفى النسبة بوحدات واحدة بعكس الحال فى مقياس الرسم النسبى.

ثانياً : مقاييس الرسم الخطية :

ويعرف بمقياس الرسم البياني Graphical Scale. ويبدو - على الخريطة - على شكل خط مقسم إلى أقسام معينة، أطوالها بوحدات القياس المستخدمة على الخريطة، مميزة بما يقابل هذه الأطوال بوحدات القياس على الطبيعة. فعلى الخريطة تستخدم المسطرة المقسمة إلى سنتيمترات وملليمترات، بينما فى الطبيعة تستخدم الكيلومترات والأمتار. أو تستخدم البوصات على الخريطة والأميال والياردات فى الطبيعة.

ويمتاز مقياس الرسم الخطى بصورة مختلفة، على أنواع المقاييس السابقة، فى أنه يمكننا الحصول على أطوال المسافات على الطبيعة من واقع هذا المقياس الخطى مباشرة، دون أى مجهود أو القيام بعملیات حسابية. ويفضل دائماً أن يذكر مقياس رسم الخرائط على هيئة مقياس رسم خطى: إذ أن الخريطة معرضة للإتكماش أو التمدد بفعل الرطوبة والمؤثرات الجوية، كذلك قد تصغر الخريطة أو تكبر بالتصوير، وفى كل هذه الحالات تتغير أبعاد الخريطة. فإذا كان مقياس الرسم كتابياً - بصورة مختلفة، أصبح غير ذى فائدة نظراً لأن نسبة الأطوال على الخريطة الجديدة وما يقابلها على الطبيعة تكون قد تغيرت. مما يكون ذلك مضللاً فى حالة ما إذا كانت الخريطة مصورة، لأن صورة مقياس الرسم بهذا الشكل الكتابى

ستظل ثابتة كما هي بالطبع. أما المقياس الخطي، فمن مميزاته أنه في الحالات السابق ذكرها، التي تتعرض لها الخريطة، فإنه ينكمش أو يتمدد أو يصغر أو يكبر بنفس النسبة التي إنتهت إليها الخريطة نفسها، فتظل قائده سارية ولا يفقد قيمته.

ويظهر المقياس الخطي بصور متعددة كما يلي :

١ - المقياس الخطي البسيط Simple Linear Scale :

المقياس الخطي البسيط عبارة عن خط مستقيم، مقسم إلى وحدات متساوية من وحدات القياس على الخرائط (الستيمتر أو البوصة وأجزائهما)، تمثل أطوالاً موجودة على الطبيعة من وحدات القياس على الطبيعة (الكيلومترات أو الأميال ومضاعفاتهما أو أجزائهما). ويبدأ المقياس الخطي البسيط بالصفر دائماً، وينتهي بأكبر رقم تصل إليه في حدود طول هذا الخط المرسوم تبعاً لمقياس رسم الخريطة. ولإنشاء المقياس الخطي البسيط نتبع مايلي :

إذا كان مقياس رسم خريطة ما ١ : ٦٠٠٠٠ مثلاً ويراد إنشاء مقياس خطي بسيط لها يقس إلى كيلومترات.

من المعروف أن مقياس رسم الخريطة النسبي يذكر طرفيه بوحدة واحدة. ومعنى ذلك أن كل ١ ستيمتر على الخريطة يقابله ٦٠٠٠٠ ستيمتر على الطبيعة.

أي أن ١ سم على الخريطة يقابله ٦٠٠ متر على الطبيعة.

أو ١ سم على الخريطة يقابله ٠,٦ كيلومتر على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة يقابلها ١ كم. على الطبيعة.

$$\text{سم} = \frac{1 \times 1}{0,6} = 1,67 \text{ سم.}$$

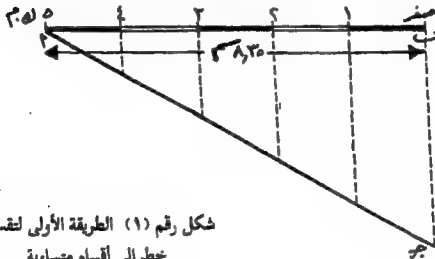
أي أن ١,٦٧ سم على الخريطة يقابلها كيلومتر واحد على الطبيعة.

وواضح أنه من المتعذر رسم وحدة طولها ١,٦٧ سم - ليقابلها كيلومتر - بدقة لأنه لا يمكن تقسيم السنتيمتر إلى ١٠٠ قسم حتى يمكن تحديد الجزء المطلوب وهو ٠,٦٧ من السنتيمتر. وللتغلب على هذه العقبة يضاعف طول الوحدة المطلوبة بالطريقة الآتية :

١,٦٧ سم على الخريطة تقابل ١ ك.م. على الطبيعة (بضرب الطرفين $\times ٥$)
 ∴ ٨,٣٥ سم على الخريطة تقابل ٥ ك.م. على الطبيعة.
 ثم نقوم برسم خط طوله ٨,٣٥ سم فيساوي ٥ كيلومترات.

ولتقسيم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية، تستخدم إحدى الطريقتين الآتيتين :

● من أحد طرفي الخط أ ب ، الذي يمثل المقياس الخطي المطلوب (شكل رقم ١) ، نرسم خطاً آخر أ جـ طوله يساوي خمس وحدات متساوية (أي وحدات وليكن طول كل وحدة ٢ سم) ، وبصنع مع خط المقياس زاوية حادة مناسبة ، ثم نصل الطرف الأول للمقياس (ب) بطرف الخط الذي رسمناه (جـ) . ومن نقط تقسيم الخط أ جـ نرسم خطوطاً توازي الخط ب جـ ونقطع خط المقياس في نقط فتكون هي نقط التقسيم المطلوبة.

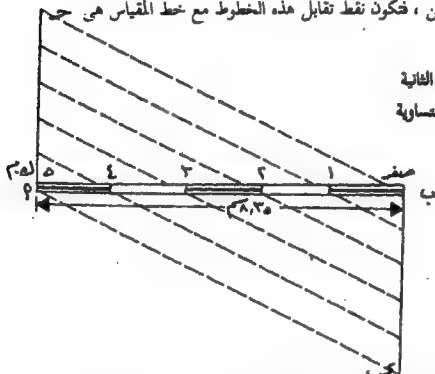


شكل رقم (١) الطريقة الأولى لتقسيم خط إلى أقسام متساوية

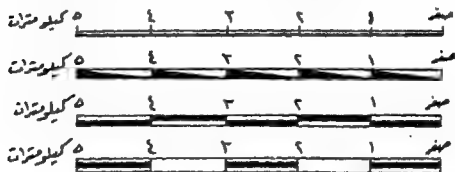
*** أما الطريقة الثانية، فهي إنشاء عمودين متبادلين عند طرفي خط المقياس، طول كل عمود منهما خمس زحلات متساوية مقسمة إلى خمس أجزاء. ففي الشكل رقم (٢) العمودان أ جـ ، ب د متبادلان على طرفي خط المقياس أ ب . وكل منهما مقسم إلى خمس أقسام متساوية. نصل نقطة جـ بنقطة ب ، ثم النقطة الأولى على العمود أ جـ بالنقطة الأولى على العمود ب د وكذلك باقى النقط على كلا العمودين ، فتكون نقط تقابل هذه الخطوط مع خط المقياس هي الأقسام المطلوبة.

شكل رقم (٢) الطريقة الثانية

لتقسيم خط إلى أقسام متساوية



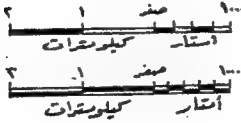
وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقسام متساوية طول كل منها يساوى كيلومتر واحد، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها في الطبيعة. ويمكن أن يتخذ المقياس الخطى البسيط أحد الأشكال المبينة في الشكل رقم (٣) في صورته النهائية.



شكل رقم (٣) مقياس خطي ١ : ٦٠٠٠٠ بأشكال مختلفة

٢ - المقياس الخطي الدقيق Graphic or Rode Scale :

هو عبارة عن المقياس الخطي البسيط، مضافاً إليه وحدة من وحدات القياس به على الجهة الأخرى من بدايته (من الصفر). وتقسم هذه الوحدة إلى مجموعة من الأقسام الأصغر. والفرض من هذا النوع من المقاييس زيادة الدقة في قياس المسافات على الخريطة.



والشكل رقم (٤) يوضح المقياس الخطي البسيط السابق إنشاؤه بمقياس ١ : ٦٠٠٠٠ ، وقد أضيفت إليه وحدة قسمت لتبين أجزاء الكيلومتر بصورتين مختلفتين. وينبغي أن يكون ترقيم هذه الوحدة المضافة يبدأ أيضاً من صفر المقياس وفي الاتجاه المضاد.

شكل رقم (٤) المقياس الخطي الدقيق

ونلاحظ أن أحد المقاييس أصبحت دقة ١ كيلومتر أو ٢٥٠ متراً بينما أصبحت دقة المقياس الثاني ٢٠٠ متراً فقط. ونظراً لصغر المسافات لم تكتب على أقسام الوحدة المضافة مدلولها، اعتماداً على ذكر مدلول آخر قسم (١٠٠٠ متر).

٣ - المقياس الشبكي Diagonal Scale :

هو مقياس خاص لبيان أجزاء أصغر على المقياس الخطي الدقيق، في حالة ما إذا كان المطلوب زيادة الدقة التي يقيس إليها هذا المقياس. وهي أجزاء قد تصل إلى حد من الصفر، بحيث يتعذر معه بيانها بالتقسيم العادي، كأن تكون مثلاً $\frac{1}{100}$ من البوصة أو السنتيمتر.

فلو أردنا مثلاً رسم مقياس خطي لخريطة ما بمقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠ ، بحيث يقرأ المقياس حتى مئات الأمتار. أو بمعنى آخر، بحيث تصل دقة القياس بهذا المقياس إلى مائة متر، نلاحظ أن كل سنتيمتر على هذا المقياس الخطي يمثل أربعة كيلومترات على الطبيعة. أي أن كل كيلومتر واحد على الطبيعة يمثل

ربع ستيمتر عنى هذا المقياس. وواضح أن تقسيم ربع الستيمتر إلى عشرة أقسام لتصبح دقة كل قسم منها مائة، وهى الدقة المطلوبة، أمر مستحيل. لأن كل قسم على هذا الأساس (أى كل ١٠٠ متر) سيمثل على المقياس الخطى بطء، قدره ربع ملليمتر وهذا لا يمكن تحقيقه. ولهذا يلزم استخدام طريقة أخرى تضمن لنا سهولة تحديد هذه الوحدة الصغيرة. وهذه الطريقة هى إنشاء مقياس رسم نسبى.



وتعتمد فكرة إنشاء المقياس الشبكية بصورة عامة على نظرية تشابه المثلثات. فمثلاً فى الشكل رقم (٥)، نلاحظ أن المثلث أ ب ج يشابه المثلث أ س ص. ولما كان طول أ ج عشر أمثال طول أ س، فإن النسبة بين أطوال أضلاع هذين المثلثين كنسبة ١٠ (فى المثلث أ ب ج) : ١ (فى المثلث أ س ص). وعلى هذا تكون النسبة بين طول قاعدتى المثلثين ب ج، س ص كنسبة ١٠ : ١. كذلك نلاحظ أن المثلثين أ ب ج، أ ع ل متشابهان أيضاً. والنسبة بين طولى ضلعيهما أ ج، أ ل كنسبة ١٠ : ٧. وعلى ذلك تكون النسبة بين طولى قاعدتيهما ب ج، ع ل كنسبة ١٠ : ٧ أيضاً. وهكذا..

فإذا كانت قاعدة المثلث أ ب ج قسماً من أقسام المقياس الخطى الدقيق، فمعنى ذلك أن قواعد المثلثات المتشابهة تتناسب مع هذه القاعدة تبعاً لعدد الوحدات المقسم إليها الخط أ ج. أو بمعنى آخر تتناسب مع عدد الخطوط الأفقية التى تمثل قواعد المثلثات المتشابهة من أصغرها إلى أكبرها. فإذا كان عدد هذه الخطوط الأفقية ٨ مثلاً، فإن قاعدة أصغر مثلث تساوى $\frac{1}{8}$ قيمة قاعدة المثلث الكبير، أو طول هذا القسم من المقياس الخطى الدقيق.

ولإنشاء المقياس الشبكي الذى يقاس إلى ١٠٠ متر للمقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠، نجرى ما يلى :

(أ) نرسم أولاً مقياساً خطياً بسيطاً ثم نضيف عليه وحدة من وحداته فيصبح مقياساً خطياً دقيقاً.

كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة.

أي كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤ كم. على الطبيعة.

س سم على الخريطة يقابلها ٥ كم. على الطبيعة.

$$\therefore \text{س} = \frac{1 \times 5}{4} = 1,25 \text{ سم}$$

١,٢٥ سم على الخريطة يقابلها ٥ كم. على الطبيعة.

نرسم خطاً بطول مناسب ونأخذ عليه أبعاداً كل منها = ١,٢٥ سم أى ٥ كيلومترات ونرقم هذه الوحدات من الصفر، فنحصل بذلك على المقياس الخطى البسيط.

نضيف وحدة طولها ١,٢٥ سم بجوار صفر المقياس من الناحية الأخرى ونقسمها إلى خمسة أقسام متساوية فيكون طول كل قسم = ١ كم. وبذلك نحصل على المقياس الخطى الدقيق.

(ب) ولإنشاء المقياس الشبكي لبيان الدقة المطلوبة وقدرها ١٠٠ متر، لنصاحب عدد الخطوط الأفقية نستخدم المعادلة الآتية :

$$\text{عدد الخطوط الأفقية} = \frac{\text{طول أصغر قسم في المقياس الدقيق}}{\text{الدقة المطلوبة}} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ خطوط}$$

نقوم برسم ١٠ خطوط أفقية موازية لخط المقياس سواء أعلاه أو أسفله، وعلى مسافات ثابتة متساوية مناسبة كل ٢ أو ٣ ملليمترات مثلاً. ثم نوصل أقسام المقياس الرئيسية على المقياس الخطى البسيط إلى ما يقابلها على الخط العاشر. أما الأقسام الفرعية الموجودة على الوحدة المضافة فتوصل كما في الشكل رقم (٦) فنحصل بذلك على المقياس الشبكي بالدقة المطلوبة.

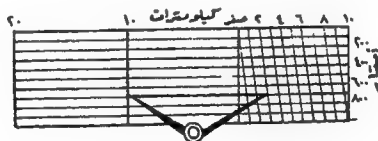


شكل رقم (٦) مقياسان شبكيان دقيقهما ١٠٠ متر

خريطة مقياسها ١ : ٤٠٠,٠٠٠

فإذا كنا نريد توقيع بعداً قدره ١٢,٧ كيلومتراً مثلاً :

فإننا نفتح الفرجار فتحة مناسبة ونضع أحد طرفيه عند الكيلومتر العاشر، على الخط السابع، وطرفه الآخر عند نهاية القسم الثاني. فتكون هذه المسافة عبارة عن ١٠ كم. (على المقياس الخطي البسيط) + ٢ كم. (على المقياس الخطي الدقيق) + ٧٠٠ متر = عبارة عن قاعدة المثلث على الخط السابع المحصور بين المقياس البسيط والدقيق حيث أنها $\frac{7}{10}$ من قاعدة المثلث الكبير والتي يبلغ طولها ١٠٠٠ متر. والشكل رقم (٧) يوضح ذلك.



شكل رقم (٧) مقياس شبكي ١ : ٤٠٠,٠٠٠ يوضح البعد ١٢,٧ كم.

٤ - المقياس الخطى المقارن Comparative Scale :

وهو مقياس رسم خطى، قد يكون بسيطاً أو دقيقاً أو شبكياً. ينشأ على أساس نسبة ثابتة، هى مقياس رسم الخريطة الكتابى. إلا أن هذا المقياس يكون تقسيمه من جهتين : ففى جهة يقسم المقياس الخطى على أساس وحدات طولية تختلف فى نوعها عن الوحدات الطولية المستخدمة فى الجهة الأخرى. كأن تكون إحدى جهتيه تقيس إلى الكيلومترات وأجزائها والجهة الأخرى تقيس إلى الأميال وأجزائها، حتى يسهل على قارئ الخريطة مقارنة الأبعاد عليها بأى من الوحدات الفرنسية أو الإنجليزية.

وفى هذا النوع من المقاييس الخطية يكون حساب وإنشاء كل نوع من هذه الأطوال مستقلاً عن الآخر، مع ثبات النسبة التى ينشأ بها المقياسان وهى مقياس الرسم الكتابى. ويراعى فى المقياس الخطى المقارن أن يبدأ صفر تدريج المقياسين من نقطة واحدة حتى تسهل عملية المقارنة.

والمثال التالى يوضح طريقة إنشاء المقياس الخطى المقارن بصوره الثلاثة، البسيط والدقيق والشبكي، لخريطة مقياس رسمها ١ : ٨٠٠٠٠ .

(أ) المقياس الخطى البسيط المقارن :

* بالنسبة للمقياس الكيلومتري :

١ سم على الخريطة يقابله ٨٠٠٠ سم على الطبيعة.

١ سم على الخريطة يقابله ٨٠٠ متر على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ متر على الطبيعة (١ كم.) .

$$\therefore ١ \text{ سم} = \frac{١ \times ١٠٠٠}{٨٠٠} = ١,٢٥ \text{ سم.}$$

* بالنسبة للمقياس الميلى :

١ بوصة على الخريطة يقابلها ٨٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

س بوصة على الخريطة يقابلها ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة (١ = ١ ميل).

$$\therefore \text{س سم} = \frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٨٠٠٠٠} = ٠,٧٩ \text{ بوصة.}$$

* نرسم خطأ ونقسمه من جهة إلى وحدات كل منها ١,٢٥ سم لتساوى كل منها كيلومتراً واحداً على الطبيعة. ومن الجهة الأخرى نقسمه إلى وحدات كل منها ٠,٧٩ بوصة لتساوى كل منها ميلاً واحداً على الطبيعة كما في الشكل رقم (٨).



شكل رقم (٨) مقياس خطي بسيط مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠

(ب) المقياس الخطي الدقيق المقارن :

نفرض أننا نريد زيادة دقة المقياس الخطي السابق إنشاءه نجعل ٢٥٠ متراً بالنسبة للمقياس الكيلومتري و ٢٥٠ ياردة بالنسبة للمقياس الميلى.

نلاحظ أنه بالنسبة للمقياس الكيلومتري فليست هناك أى حاجة لأى عمليات حسابية كل ما فى الأمر أنه سنضيف إلى المقياس الخطي وحدة طولها كيلومتر واحد ونقسمها إلى أربعة أقسام متساوية فيصبح طول كل قسم يساوى ٢٥٠ متراً.

أما بالنسبة للمقياس الميلى، فمن المعروف أن الميل يساوى ١٧٦٠ ياردة. وهذا القدر لا يمكن تقسيمه إلى أقسام متساوية كل منها يساوى ٢٥٠ ياردة. لذلك تلجأ إلى ما يلى :

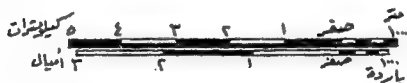
٠,٧٩ بوصة على الخريطة يقابلها ١٧٦٠ ياردة (= ١ ميل) على الطبيعة.

\therefore س بوصة على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ ياردة على الطبيعة.

$$\therefore \text{س سم} = \frac{١٠٠٠ \times ٠,٧٩}{١٧٦٠} = ٠,٤٥ \text{ بوصة.}$$

وقد تم إختيار ١٠٠٠ ياردة حيث أن الميل لا يمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة من الياردات. كل منها ٢٠٠ أو ٢٥٠ أو ٥٠٠ ياردة مثلاً. فنختار طولاً يتقارب مع طول الميل (١٥٠٠ أو ٢٠٠٠ ياردة) وفي هذا المثال إختارنا ١٠٠٠ ياردة، حتى يمكن تقسيمها إلى أربعة أقسام يكون كل قسم منها يساوي ٢٥٠ ياردة وهي الدقة المطلوبة.

ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠.٤٥ بوصة ونقسمها إلى أربعة أقسام ويصبح المقياس الخطي الدقيق المقارن كما في الشكل الآتي (رقم ٩).



شكل رقم (٩) مقياس خطي مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠

(جـ) المقياس الشبكي المقارن :

بفرض أن الدقة المطلوبة للمقياس المقارن السابق إنشائه، هي ٥٠ متراً للمقياس الكيلومتري و ٥٠ ياردة للمقياس الميلي. ٠٠ أصغر قسم في المقياسين هي ٢٥٠ (ياردة أو متر).

∴ عدد الخطوط الأفقية اللازمة لكل مقياس = $\frac{250}{5} = 50$ خطوط

نرسم خمس خطوط أفقية على كل جانب من المقياس الخطي المقارن ونقسمها بالطريقة السابق ذكرها فتحصل على المقياس الشبكي المقارن كما في



شكل رقم (١٠) مقياس شبكي مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠

٥ - مقياس الرسم الزمنى Time Scale :

وهو يشبه مقياس الرسم الخطى المقارن، إلا أن هذه المقارنة لا تكون بين وحدات قياسية مختلفة. ولكن بين وحدات قياسية إحداها طولية والثانية زمنية. ومثل هذا النوع من المقاييس يعتمد عليها رجال الاستطلاع والاستكشاف فى الجيش فى خطوط سيرهم على الطبيعة والخرائط، لتحديد مواقعهم بالتقريب. ذلك لأن هذا المقياس يربط المسافة بالزمن.

إختيار مقياس رسم مناسب للخريطة

يحدد مقياس الرسم تبعاً لأبعاد ورق الرسم المستعمل، وكذلك أبعاد المنطقة المطلوب رسم خريطة لها. ويأخذ ترك مسافة مناسبة على كل جانب من جوانب ورقة الرسم تتراوح بين ٢ ، ٥ سم طبقاً لاتساع الورق، فكلما زادت مساحة ورقة الرسم كلما زادت أيضاً المسافة الهامشية بين إطار الخريطة وحواف الورق المستخدم. ويجب أن يكون أطول بعد للورق فى اتجاه طول الخريطة.

ويحسب مقياس رسم المخطط وآخر للمرض ويؤخذ أصغرهما بعد تقريبه إلى مقياس الرسم الشائعة.

فإذا فرضنا أنه لدينا لوحة من الورق أبعادها ٤٠ × ٦٠ سم، يراد توقيع منطقة عليها، أبعادها ١٣,٥ × ٨,٥ كيلومترات.

(أ) يترك هامش قدره حوالى ٢ سم من كل جانب على لوحة الورق فيصبح صافى أبعاد ورقة الرسم التى ستوقع داخلها الخريطة المطلوبة ٣٦ × ٥٦ سم.

(ب) يكون المقياس الطولى للخريطة :

$$\frac{1}{24157} = \frac{06}{100,000 \times 13,5} = \text{(نهمل الكسور)}$$

والمقياس العرضى للخريطة :

$$\frac{1}{23611} = \frac{36}{100,000 \times 85} =$$

(ج) من الوجهة النظرية يكون المقياس ١ : ٢٤١٥٧ هو مقياس الرسم الذى يسمح ببيان خريطة المنطقة فى فراغ ورقة الرسم. ولكنه مقياس غير شائع الاستعمال، فضلاً عن أنه متعب فى توقيع الأبعاد، لذلك يؤخذ أقرب المقاييس إليه وهو ١ : ٢٥٠٠٠ .

$$\text{فيكون طول الخريطة} = \frac{1 \times 100,000 \times 13,5}{25000} = 54 \text{ سم}$$

$$\text{وعرض الخريطة} = \frac{1 \times 100,000 \times 85}{25000} = 34 \text{ سم}$$

إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة المقياس

فى بعض الأحيان، قد تصادف خريطة مجهولة المقياس، أى غير موضح عليها أى نوع من أنواع مقاييس الرسم. ولتحديد مقياس رسم مثل هذه الخريطة، نأخذ بخريطة معلومة المقياس تشمل المنطقة التى تبينها الخريطة المجهولة المقياس، أو جزء منها. نبحث عن ظاهرتين ممثلتين فى كلا الخريطتين مثل مواقع المدن أو تقاطع طرق أو سكك حديد أو تقاطع خطوط الطول مع دوائر العرض.. إلخ. نقاس المسافة بين هاتين الظاهرتين فى كلا الخريطتين.

فيكون مقياس رسم الخريطة المجهولة :

$$= \frac{\text{الطول على الخريطة المجهولة}}{\text{الطول على الخريطة المعلومة}} \times \text{مقياس رسم الخريطة المعلومة}$$

فإذا فرض أن لدينا خريطة مقياس رسمها مجهول، وأردنا تحديد مقياس رسمها. وبالبحث عن خريطة تمثل نفس المنطقة، وجدنا خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ . قيس البعد بين هدفين موقعين على كلا الخريطتين ، فكان طوله

على الخريطة المجهولة ١٥ سم وعلى الخريطة المملومة ١٨ سم.

∴ مقياس رسم الخريطة المجهولة :

$$\frac{1}{30.000} = \frac{1}{20.000} \times \frac{10}{18} =$$

* * *

أمثلة وتمارين

المثال الأول :

المطلوب رسم مقياس خطي يقيس إلى كيلومترات لخريطة مقياسها ١ : ١٥٠٠٠٠ .

طريقة الإجابة :

من المعروف أن مقياس الخريطة الكسرى أو النسبي يذكر دائماً بوحدة واحدة، ومعنى ذلك أن مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ سم مثلاً يقابله ١٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة أو متر واحد يقابله ١٥٠٠٠٠ متر على الطبيعة أو ١ بوصة لكل ١٥٠٠٠٠ بوصة وهكذا.

ولما كان المطلوب في هذا المثال رسم مقياس خطي يقيس إلى كيلومترات، فيجربى العمل على النحو الآتي :

١ سم على الخريطة يقابله ١٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة.

أي أن ١ سم على الخريطة يقابله ١٥٠٠ متر على الطبيعة.

أو ١ سم على الخريطة يقابله ١,٥ كيلومتر على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة يقابلها ١ كيلومتر على الطبيعة .

$$\therefore \text{س سم} = \frac{1 \times 1}{0,67} = 0,67 \text{ سم}$$

أي أن ٠,٦٧ سم على الخريطة يقابلها كيلومتر واحد على الطبيعة.

إلا أنه من الصعب رسم وحدة طولها ٠,٦٧ سم - ليقابلها كيلومتر واحد - بدقة لأنه لا يمكن تقسيم السنتيمتر إلى مائة قسم حتى يمكن تحديد الجزء المطلوب وهو ٠,٠٧ سم. وللتغلب على هذه العقبة تضاعف طول الوحدة المطلوبة بالطريقة الآتية :

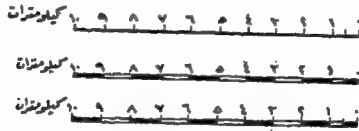
٦٧ سم = ١ كيلومتر (بضربهما $\times ١٠$).

∴ ٦,٧ سم = ١٠ كيلومترات.

ثم نقوم برسم خط طوله ٦,٧ سم فيساوى ١٠ كيلومترات.

ولتقسيم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية، نستخدم إحدى الطريقتين السابق ذكرهما (١).

وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقسام متساوية طول كل منها = ١ كيلومتر، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها في الطبيعة مباشرة، ويمكن أن يتخذ المقياس الخطى أحد الأشكال المبينة في الشكل (رقم ١١) في صورته النهائية.



شكل رقم (١١). مقياس رسم عطى ١ : ١٥٠٠٠٠ بأشكال مختلفة

المثال الثانى :

إذا كان طول الطريق الصحراوى بين القاهرة والإسكندرية على خريطة ما يبلغ ٤٤ سم فما مقياس رسم هذه الخريطة، علماً بأن طول هذا الطريق ٢٢٠ كيلومتراً مع رسم مقياساً خطياً لهذه الخريطة يقيس إلى كيلومترات.

طريقة الإجابة :

١ - لمعرفة مقياس رسم الخريطة :

طول الطريق الصحراوى على الخريطة ٤٤ سم وعلى الطبيعة ٢٢٠ كيلومتراً
أى أن كل ١ سم على الخريطة يقابله $\frac{٢٢٠}{٤٤}$ كيلومترات على الطبيعة.

فيكون مقياس رسم الخريطة هو ١ سم لكل ٥ كيلومترات.

انظر ص ١٩ - ٢٠.

ولما كان مقياس الرسم يذكر طرفيه بوحدة واحدة.

فيكون مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ سم لكل ٥٠٠٠٠ سم

ويمكن كتابة هذا المقياس على هيئة كسريتين $\frac{1}{50000}$

٢ - رسم المقياس الخطي المطلوب :

نرسم خطاً أفقياً طوله ٨ سم ونقسمه إلى أقسام كل منها يساوي ٢ سم .
وبما أن مقياس الرسم هو ١ سم لكل ٥ كيلومترات، فنكتب على أقسام هذا
الخط الطول بالكيلومترات مباشرة مبتدئين من نهاية القسم الأول برقم صفر ثم
الثاني برقم ١٠ ثم الثالث برقم ٢٠ ثم الرابع برقم ٣٠ ويكتب بجواره « كيلومتراً »
كما في الشكل رقم (١٢).

كيلومتراً ٠ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ كيلومتراً

شكل (١٢) مقياس خطي ١ : ٥٠٠٠٠

ولبيان الدقة المطلوبة بالمقياس وهي ٢ كيلومتر، نقسم القسم الأول وطوله ٢ سم (أى ٢٠ ملليمتر) إلى خمسة أقسام طول كل منها ٤ ملليمترات، فتساوى
٢ كيلومتر وهي الدقة المطلوبة. ثم نبداً ترقيم هذا الجزء ابتداء من الصفر السابق
كتابته وفى الاتجاه المضاد ونكتب ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٠ كيلومترات.

المثال الثالث :

لرسم مقياساً مقارناً يقيس إلى أميال و كيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ : ١٢٥٠٠٠

طريقة الإجابة :

هذا المثال عبارة عن مقياسين خطيين منطبقين على بعضهما، والأقسام
العليا للخط تبين الكيلومترات (مثلاً)، والأقسام السفلى تبين الأميال أو العكس.
ولرسم المقياس الخطي الكيلومتري.

١ سم على الخريطة = ١٢٥٠٠٠ سم على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة = ١,٢٥ كم على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة = ١ كم على الطبيعة.

$$\therefore ١ \text{ سم} = \frac{1 \times 1}{1,25} = ٠,٨ \text{ سم}$$

أى أن كل ٠,٨ سم على الخريطة تقابل كيلومتراً واحداً على الطبيعة.

فتقسم خط المقياس من جهته العليا إلى أقسام طول كل منها يساوى ٨ ملليمترات ويكتب عليه أرقام من صفر إلى نهايته (حسب طوله بالنسبة للخريطة) كما فى الشكل رقم (١٣).

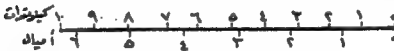
ولرسم مقياس الأميال الخطى :

كل ١ بوصة على الخريطة = ١٢٥٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

∴ ١ بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة = ١ ميل.

$$\therefore ١ \text{ بوصة} = \frac{1 \times 63360}{125000} = ٠,٥٠٧ \text{ بوصة} = ٠,٥١ \text{ بوصة (مقربة)}$$

أى أن كل ٠,٥١ بوصة على الخريطة تعادل ميلاً واحداً على الطبيعة.



شكل رقم (١٣) مقياس مقارن ١ : ١٢٥٠٠٠

فنقوم بتقسيم الناحية المقابلة للمقياس الكيلومتري إلى أقسام كل منها = ٠,٥١ بوصة مع مراعاة أن يبدأ التقسيم من نقطة الصفر التى بدأنا منها تقسيم المقياس الكيلومتري وتكتب على هذه الأقسام الطول المقابل لها بالميل كما فى الشكل.

المثال الرابع :

قطعت سيارة مسافة ما كان طولها على خريطة مقياس رسمها غير

معروف ١٠,٧٥ سم فى مدة ٦ دقائق، علماً بأنها تسير بسرعة ٧٥ كيلومتراً فى الساعة. والمطلوب معرفة مقياس رسم الخريطة ورسم مقياس شبكى لها يقيس إلى ٥٠ متراً.

طريقة الإجابة :

$$\text{المسافة التى قطعها السيارة} = \frac{٧٥}{٦٠} \times ٦ = ٧,٥ \text{ ك.م.}$$

(مقدار ما تقطعه السيارة فى الدقيقة الواحدة مضروباً فى عدد الدقائق المذكور بالمثل).

$$\therefore ١٠,٧٥ \text{ سم على الخريطة} = ٧,٥ \text{ ك.م. على الطبيعة.}$$

$$\therefore ١٠,٧٥ \text{ سم على الخريطة} = ٧٥٠٠ \text{ متر على الطبيعة.}$$

$$\therefore ١ \text{ سم على الخريطة} = ٧٥٠ \text{ متر على الطبيعة}$$

$$\therefore \text{٧٥٠ متر} = \frac{٧٥٠٠ \times ١}{١٠,٧٥} = ٦٩٧,٦ \text{ متر (بعد التقريب)}$$

أي أن مقياس رسم هذه الخريطة النسبى هو ١ : ٧٠٠٠

ولرسم المقياس الشبكى لهذه الخريطة نجرى الآتى :

$$١ \text{ سم على الخريطة} = ٧٠٠ \text{ متر على الطبيعة}$$

$$\therefore ١٠٠٠ \text{ متر على الطبيعة} = ١ \text{ سم على الخريطة}$$

$$\therefore ١,٤٣ \text{ سم} = \frac{١ \times ١٠٠٠}{٧٠٠}$$

ولبيان المقياس الشبكى نأخذ وحدة من المقياس الخطى طولها ١,٤٣ سم ونقسمها إلى ٤ أقسام متساوية.

$$\text{فيكون طول كل قسم منها} = \frac{١,٤٣}{٤} = ٠,٣٥٧٥ \text{ سم}$$

$$\text{ولمعرفة عدد الخطوط الأفقية : } \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}} = \frac{٠,٣٥٧٥}{٠,٠٥} = ٧ \text{ خطوط}$$

في رسم خمس خطوط أفقية موازية لخط المقياس (سواء أعلاه أو أسفله) وعلى مسافات ثابتة مناسبة (كل ٢ أو ٣ ملليمترات مثلاً) لم توصل أقسام المقياس الرئيسية (الكيلومترات) إلى مايقابلها على الخط الخامس، أما الأقسام الفرعية التي تبين أقسام الكيلومتر فتوصل كما في الشكل رقم (١٤) فينتج بذلك المقياس الشبكي بالدقة المطلوبة.



شكل رقم (١٤) مقياس شبكي دقته ٥٠ متراً المقياس عظمى ١ / ٧٠٠٠٠

المثال الخامس :

صمم مقياساً شبكياً مقارناً يقيس إلى أميال وكيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ / ٧٥٠٠٠ مع دقة تصل إلى ٥٠ متراً و ٥٠ ياردة.

طريقة الإجابة :

هذا المقياس المقارن عبارة عن مقياسين مرسومين على خط واحد الأعلى مثلاً يقيس إلى كيلومترات وأمتار والأسفل يقيس إلى أميال وياردات. كما أن هذين المقياسين شبكيان نظراً لصغر الدقة المطلوبة، كما يجب أن يبدأ صفر تدريج المقياسين من نقطة واحدة.

فإن النسبة للمقياس الخطي الكيلومتري :

$$١ \text{ سم على الخريطة} = ٧٥٠٠٠ \text{ سم على الطبيعة.}$$

$$١ \text{ أن سم على الخريطة} = ٧٥٠ \text{ متراً على الطبيعة.}$$

$$\therefore ١ \text{ سم على الخريطة} = ١٠٠٠ \text{ متر (} ١ \text{ كم.) على الطبيعة}$$

$$\therefore ١ \text{ سم على الخريطة} = \frac{١ \times ١٠٠٠}{٧٥٠} = ١,٣٣ \text{ سم}$$

نقوم برسم خط وتقسيمه إلى وحدات طول كل منها ١,٣٣ سم أى واحد كيلومتر؛ وبالطبع لا يمكن تقسيم هذه الوحدة إلى ٢٠ قسمًا ليكون كل قسم = ٥٠ مترًا (٥٠ متر × ٢٠ قسم = ١٠٠٠ متر = وحدة طولها ١,٣٣ سم على الخريطة طبقاً لهذا المقياس).

لذلك نقسم هذه الوحدة إلى أربعة أقسام مثلاً، فيكون طول كل قسم = $\frac{1000}{4}$ = ٢٥٠ مترًا.

فيكون عدد الخطوط الأفقية الواجب رسمها

$$= \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{الدة المطلوبة}} = \frac{250}{50} = 5 \text{ خطوط}$$

ثم يرسم المقياس الكيلومترى كما فى الشكل رقم (١٥) وبالنسبة لمقياس الأميال الخطى :

١ بوصة على الخريطة = ٧٥٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

∴ ١ بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة (= ١ ميل) على الطبيعة :

$$\therefore ١ \text{ بوصة} = \frac{1 \times 63360}{75000} = 0,84 \text{ بوصة (مقربة)}$$

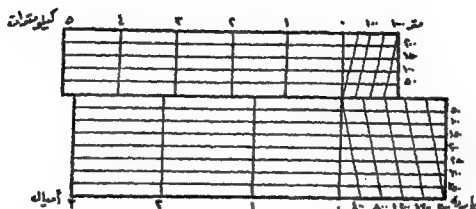
أى أن كل ٠,٨٤ بوصة على الخريطة يقابلها ميل واحد على الطبيعة.

ولتصميم المقياس الشبكى لقياس ٥٠ ياردة :

$$0,84 \text{ بوصة} = 1 \text{ ميل} = 1760 \text{ ياردة}$$

∴ ١ بوصة = ٢٠٠٠٠ ياردة

$$\therefore ١ \text{ بوصة} = \frac{1 \times 1760}{20000} = 0,088 \text{ بوصة}$$



شكل رقم (١٥) مقياس رسم شبكى مقارن ١ : ٧٥٠٠٠

وقد تم إختيار ٢٠٠٠ ياردة، حيث أن الميل لا يمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة، فيختار طولاً يتقارب مع طول الميل ١٥٠٠ أو ٢٠٠٠ ياردة وفي هذا المثال تم إختيار ٢٠٠٠ ياردة.

ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠,٩٥ بوصة، وبالطبع لا يمكن تقسيم هذه الوحدة إلى ٤٠ قسمًا ليكون طول القسم = ٥٠ ياردة وهي الدقة المطلوبة، ولكن من الممكن تقسيم هذه الوحدة إلى أقسام واضحة عددها ٥ مثلاً فيكون طول كل منها = $\frac{2000}{5} = 400$ ياردة.

$$\text{عدد الخطوط الأفقية} = \frac{2000}{400} = 5 \text{ خطوط}$$

ثم يرسم المقياس الشبكي كما في الشكل رقم (١٥).

وعند الرسم ستقابلنا بعض مشكلات منها مثلاً أنه لا يمكن رسم قسم طوله ١,٣٣ سم بدقة فائقة ولذلك فيمكننا أن نضاعف هذه الوحدة ثم نقسم الخط الناتج إلى أقسام تساوي عدد المضاعفات، كما سبق أن أوضحنا .. كما يراعى عند الرسم أن المقياسين منطبقان ويبدأن من نقطة واحدة هي نقطة الصفر ويكون الترميز من الجهتين العليا والسفلى للمقياس.

تعاريف على مقاييس الرسم

- ١ - يرسم مقياساً خطياً يقيس إلى كيلومترات. أجزائها وآخر يقيس إلى أميال وأجزائه لخريطة مقياسها ١ / ٣٠٠٠٠٠ .
- ٢ - اذكر الكسر البياني للمقاييس الآتية الكتابية :
ربع بوصة للميل - ٢ بوصة لكل ٥ ميل - ٢ سم لكل ٥ كيلومترات -
نصف سم لكل ربع كيلومتر - ٣,٥٥ سم لكل ٢٠٠ قصبة (القصبة ٣,٥٥ متر).
- ٣ - صمم مقياساً خطياً يقيس إلى مائة ياردة لخريطة مقياسها الكتابي ٤ بوصات للميل الواحد.
- ٤ - قسم خطاً طوله ٥ سنتيمترات إلى مائة قسم متساوى بطريقة المقياس الشبكي.
- ٥ - سيارة تسير بسرعة ٤٢ ميلاً في الساعة، قطعت طريقاً مستقيماً بين نقطتين في عشر دقائق. فإذا كان هذا البعد على خريطة ماهو ٧,٠٤ سم ، فما هو المقياس الكسري لهذه الخريطة، مع رسم مقياساً خطياً لها يقيس إلى كيلومترات.
- ٦ - لوحة مقياس رسمها بوصة لكل ياردة، يرسم مقياساً شبكياً لها يقيس إلى ياردات وأقدام وبوصات، ثم عين بهذا المقياس بعلاً قدره ياردة وقدمين وتسع بوصات.
- ٧ - خريطة فرنسية مقياس رسمها ١ : ٨٠٠٠٠ ، بين هذا المقياس بالطريقة الشبكية المقارنة بحيث يقيس إلى الكيلومتر وأجزائه (١٠٠ متر) والميل وأجزائه (٢٠٠ ياردة).
- ٨ - يرسم تصميماً لتحجرة أبعادها ٧ ياردات \times ٩ ياردات وقدمين وذلك بمقياس رسم بوصة لكل خمسة أقدام مع رسم المقياس الخطي وذكر كسره البياني.
- ٩ - يرسم مقياساً شبكياً يمثل ٣ بوصات للميل الواحد ويقيس إلى ٢٠ ياردة.
- ١٠ - صمم مقياساً شبكياً بنسبة $\frac{1}{18}$ يقيس إلى بوصات وأقدام وياردات.
- ١١ - رحالة يسير بسرعة منتظمة كل ٤ كيلومترات في الساعة - قام من نقطة

معينة متتبهاً إتجاه البوصلة نحو الشمال مقدار ساعة وثلاث ثم إتجه جهة الشمال الشرقى مقدار ساعة واحدة ثم جهة الغرب مقدار ساعة ونصف ثم سار جنوباً لمدة ساعتين. عین خط سيره بالرسم الدقیق وأوجد طول المسافة بین النقطة التى وصل إليها والنقطة التى بدأ منها والوقت الذى يستغرقه فى قطعها، ثم لرسم مقياساً خطياً یقیس إلى کیلومترات وساعات. إستخدم مقياس رسم ۱/۱۲۵۰۰۰.

۱۲ - قسم خطأ طوله ۴۷ مللیمترأ إلى ۱۵۰ قسمأ بطريقة المقياس الشبکی.

۱۳ - اذكر الكسر البیانی للمقاييس الآتية :

بوصة لكل $\frac{۱}{۳}$ أميال - $\frac{۱}{۴}$ سم لكل $\frac{۱}{۳}$ ك.م. - ۵ بوصة لكل ۱۷۵ ياردة - ۲,۲ سم لكل ۱۵۰۰ ياردة.

۱۴ - خريطة مقياسها ۱ : ۳۲۵۰۰۰، لرسم مقياساً خطياً لها یقیس إلى کیلومترات، مع إنشاء مقياس شبکی علیه یقیس إلى عشرات الأمتار.

۱۵ - خريطة مقياسها $\frac{۱}{۴}$ بوصة للمیل - لرسم مقياساً خطياً لها یقیس إلى المیل ونصفه وربعه.

۱۶ - لرسم مقياساً شبكياً یقیس إلى $\frac{۱}{۱۱}$ من القدم بنسبة قدم لكل بوصة.

۱۷ - لرسم مقياساً شبكياً یقیس إلى نصف بوصة و $\frac{۱}{۱۱}$ من البوصة و بین بواسطته بعداً یساوى ۰,۷۷ وآخر یساوى ۲,۵۴ بوصة (مقياس الرسم ۱ : ۱).

۱۸ - خريطة مجهولة المقياس - ظهر علیها هدفان المسافة بینهما فى الطبيعة ۱۸ ك.م. بینما كانت المسافة بینهما على هذه الخريطة ۴,۵ سم. كم یكون مقياس رسم هذه الخريطة.

۱۹ - على صورة جوية ظهر مدرج هبوط للطائرات بطول ۶,۷۵ سم فإذا كان طوله على الطبيعة ۲۰۲۵ متراً كم یكون مقياس رسم هذه الصورة.

۲۰ - لرسم مقياساً شبكياً مقارناً یقیس إلى أمیال وکیلومترات لخريطة مقياس رسمها ۱/۲۵۰۰۰۰ بحيث یقیس إلى المیل ودقة ۲۰۰ ياردة وإلى الكیلومتر ودقة ۲۰۰ متر.

الفصل الثانى

الورنيات

أى مقياس طولى أو دائرى، يمكن تقسيمه إلى أجزاء صغيرة فى حدود معينة، لا يمكن تجاوزها إلى أصغر منها، إلا فى حدود يصبح بعدها من المتعذر إجراؤها عملياً، وإلا أصبحت الأقسام متقاربة ومزدحمة للدرجة لا يمكن تمييزها، وبالتالي لا يمكن الاعتماد عليها فى توقيع الأبعاد أو القياس أو إستنتاجها منها. وفى أجهزة القياس الدقيقة لا يمكن الإلتجاء إلى تقسيم الوحدات القياسية إلى أقسام صغيرة، لأنه يتعذر تقدير الكسور الصغيرة بدقة بالإضافة إلى صعوبة التقسيم ميكانيكياً فى الأجهزة، فضلاً عن أنه يتعذر على العين أن تميز بين قسم وآخر، وحتى لو نسى ذلك باستعمال عدسة مكبرة فإنه مضىعة للوقت والجهد.

وللتغلب على هذه الصعوبات، تشمل الورنية Vernier ^(١). وفكرتها مبنية على أن العين تستطيع بسهولة وبدون إرهاق، أن ترى قسماً معيناً من مقياس ما، ينطبق على قسم معين فى مقياس ثان، مكونين معاً خطأ مستقيماً مستمراً. يسمى خط الإنطباق.

والورنية عبارة عن مقياس صغير، مستقيم أو دائرى، تتحرك أو تنزلق حافته المدرجة، على حافة تدريج المقياس الأصلي، لتقدير كسور صغيرة من وحدات هذا المقياس بدقة فائقة.

فمثلاً تقسم المسطرة عادة إلى سنتيمترات ومليمترات. ويتعذر تقسيم المليمتر إلى أجزاء أصغر. فكما تقسم المنقلة عادة إلى درجات، ولا يمكن تقسيم الدرجة إلى ٦٠ دقيقة مثلاً. بينما يمكن للورنية أن تبين لنا أجزاء أدق من المليمتر كأن نقسمه إلى أجزاء أصغر (١٠ أو ٢٠ أو ٥٠ قسماً)، كما يمكن لها أن تقسم الدرجة إلى ٦٠ قسماً أو أكثر. وذلك بصورة غير مباشرة كما سنوضح فيما بعد.

(١) اخترعها العالم الفرنسى Vernier عام ١٦٣١.

وليست الورنية قاصرة فى إستخدامها على المسطرة أو المنقلة، بل نجدها فى معظم الأجهزة التى نستخدمها سواء كانت هذه الأجهزة خاصة بالمساحة أو أى أجهزة أخرى تستدعى تقسيم وحدات القياس بها إلى أجزاء أصغر.

والورنيات أنواع عدة، يمكن تقسيمها على أساس شكلها، فهناك الورنيات المستقيمة وتعمل مع المقاييس المستقيمة مثل المسطرة، البلايستير (جهاز خاص بإيجاد المساحات على الخرائط) التيلوتوب (جهاز خاص بإيجاد المسافات فى الطبيعة)، الترمومتر (الخاص بقياس درجة الحرارة) وغيرها من الأجهزة المختلفة. وهناك الورنيات التى تبدو على شكل قوس من دائرة وتعمل مع المقاييس الدائرية مثل المنقلة، التيودوليت (جهاز خاص بقياس الزوايا الأفقية والرأسية) السكستان (جهاز يستخدم فى المساحة البحرية) وغيرها.

كما يمكن تقسيم الورنيات على أساس طريقة تصميمها أو إنشائها. فهناك الورنيات الأمامية Direct Verniers ، وهى أكثرها شيوعاً وإستخداماً لسهولة استخدامها وفيها يكون عدد أقسام الورنية يزيد قليلاً واحداً عن عدد أقسام المقياس (كما موضح فيما بعد)، كما أن تدرج الورنية يتزايد فى إتجاه تزايد تدرج المقياس. وهناك الورنيات العكسية Retrograde Verniers وهى قليلة الإستخدام. وفيها يكون عدد أقسام الورنية يقل بمقدار قسم واحد عن عدد أقسام المقياس، كما يتزايد تدرج الورنية فى عكس الإتجاه الذى يتزايد فيه تدرج المقياس. وهناك الورنيات المزدوجة Double Verniers وهى عبارة عن ورنتين أماميتين يشتركان فى صفر تدرجهما، ويتزايد تدرج إحدهما فى عكس إتجاه تدرج الأخرى وتعمل مع المقاييس المدرجة فى إتجاهين متضادين (كما فى بعض أنواع المنقلة).

تصميم الورنية :

نبن فى المثال التالى بسيطاً لفكرة الورنية وكيفية إستعمالها. ونفرض أن لدينا مسطرة عادية مقسمة إلى سنتيمترات وملليمترات. ونريد زيادة دقة القياس بهذه المسطرة إلى ٠,١ ملليمتر أى إلى درجة تمكننا من تقسيم كل ملليمتر على تدرج المسطرة إلى عشرة أجزاء. وواضح أنه من المستحيل عملياً تقسيم الملليمتر

إلى عشرة أقسام، لذلك نلجأ إلى تصميم ورنية لهذه المسطرة، يمكن عن طريقها تحقيق زيادة دقة المسطرة إلى ٠,١ ملليمتر.

نأخذ تسعة أقسام من المقياس (أى تسعة ملليمترات) ونقسمها إلى عشرة أقسام متساوية، فيكون طول كل قسم من أقسام الورنية = ٠,٩ من الملليمتر. وبالتالي يكون الفرق بين كل قسم من أقسام المقياس وكل قسم من أقسام الورنية = ٠,١ ملليمتر. ومن الشكل رقم (١٦) :

س : أصغر قسم فى المقياس وهو يساوى ملليمتر واحد.

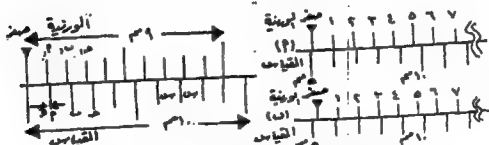
و : الدقة المطلوبة للورنية = ٠,١ ملليمتر (المسافة أ). .

ن : عدد أقسام الورنية = ١٠ أقسام

أى أن : دقة الورنية = $\frac{\text{أصغر قسم فى المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$ أو $و = \frac{س}{ن}$

فإذا تحركت الورنية قليلاً بحيث إنطبق القسم أ، فى الورنية على القسم أ فى المقياس، فإن صفر الورنية يكون قد تحرك مسافة قدرها ٠,١ ملليمتر وتصبح القراءة ٥,١ ملليمترات كما فى شكل رقم (١٦ - أ).

والمسافة ب = ٠,٢ ملليمتر (لأن طول القسمين على المقياس = ٢ ملليمتر، بينما طول القسمين على الورنية = ١,٨ ملليمتر). فإذا تحركت الورنية على المقياس، بحيث إنطبق القسم ب فى الورنية على القسم ب فى المقياس. فإن صفر الورنية يكون قد تحرك مسافة قدرها ٠,٢ ملليمتر وتصبح القراءة على المقياس ٥,٢ ملليمترات كما فى الشكل رقم (١٦ - ب).



شكل رقم (١٦) تصميم الورنية وبعض قراءات لها

وعموماً، وإذا تحركت الورنية حتى إنطبق القسم هـ منها على قسم من أقسام المقياس فإن الورنية تكون قد تحركت هـ \times و أو بمعنى آخر عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق مضروباً في دقة الورنية.

١ - الورنيات الأمامية :

تتميز الورنية الأمامية بأن تدرج الورنية يكون في إجتاه المقياس كما أن عدد أقسامها يزيد قسماً واحداً على عدد أقسام المقياس المقابلة لها.

وأساس تصميم هذا النوع أن يكون لدينا مقياس معلوم طول كل قسم من أقسامه s ويراد إنشاء ورنية له تبين دقة قدرها (w) . لذلك يكون عدد أقسام الورنية (n) ، يقابل عدداً من أقسام المقياس قدره $(n - 1)$.

$$\text{أى أن عدد أقسام الورنية} = \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}} \text{ أو } n = \frac{s}{w}$$

ونستعمل الورنية الأمامية فى الحالات الآتية :

* أن يكون المطلوب تصميم الورنية لتبين دقة معينة على المقياس.

* قراءة الورنية، أى ما يعينه صفر الورنية على المقياس.

* ضبط الورنية على المقياس فى وضع يبين قراءة معينة.

* معرفة دقة ورنية مثبتة فى جهاز ما .

والأمثلة التالية توضح الحالات السابق ذكرها.

أ - تصميم ورنية لتبين دقة معينة على المقياس :

منقلة مقسمة إلى درجات ونصف الدرجة، مطلوب تصميم ورنية لها حتى تصبح دقتها دقيقة واحدة.

فى هذه الحالة طول أصغر قسم على المقياس (المنقلة) س = ٣٠

$$\text{عدد أقسام الورنية} = \frac{30}{1} = 30 \text{ قسم}$$

ويكون عدد الأقسام على المقياس والمقابلة لطول الورنية.

$$30 - 1 = 29 \text{ قسماً}$$

$$\text{أى } 30 \times 29 = 870$$

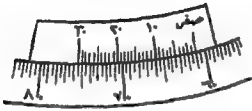
ولإنشاء الورنية نأخذ ٢٩ قسماً

من أصغر أقسام المقياس (نصف درجة)

أى ٣٠ ١٤ ، ونقسمها إلى ٣٠

قسماً على الورنية كما فى الشكل رقم

(١٧).



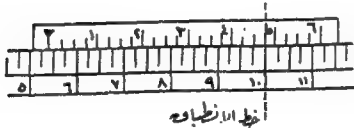
شكل رقم (١٧) ورنية دقتها ١
لمقياس مقسم إلى نصف الدرجة

ب- قراءة الورنية على المقياس:

الشكل التالى رقم (١٨) يوضح جزءاً من مسطرة تفدين تقيس إلى الفدان

وربع الفدان (٦ قيراط)، مركب عليها ورنية دقتها $\frac{1}{4}$ قيراط (٦ أسهم)،

والمطلوب معرفة ما تدل عليه قراءة المقياس والورنية.



شكل رقم (١٨) مسطرة تفدين دقتها $\frac{1}{4}$ فدان ورنية دقتها $\frac{1}{4}$ قيراط

لقراءة المقياس والورنية تجرى مايلى :

- * نقرأ المقياس حتى الجزء الذى يقع قبل بدء تدريج الورنية مباشرة.
- * نعد أقسام الورنية حتى الخط الذى ينطبق فيه أحد أقسام الورنية مع أحد أقسام المقياس.
- * نضرب عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق \times دقة الورنية فينتج ما نقرأه الورنية.

$$\text{وعلى ذلك يكون، مايمكن قراءته على المقياس} = \frac{1}{4} \times 5 \text{ فدان}$$

$$= 6 \text{ ط } 5 \text{ ف}^{(1)}$$

$$\text{ما نقرأه الورنية} = \frac{1}{4} \times 19 = 4 \frac{3}{4} \text{ قيراط}$$

$$= 18 \text{ س } 4 \text{ ط}$$

$$\therefore \text{القراءة الكاملة} = 6 \text{ ط } 0 + 18 \text{ س } 4 \text{ ط } 0 = 18 \text{ س } 10 \text{ ط } 0$$

أى أن القراءة الكاملة هي القراءة على المقياس حتى القسم الذى يقع قبل صفر الورنية + (عدد أقسام الورنية من الصفر حتى خط الإنطباق \times دقة الورنية).

جـ- ضبط الورنية على قراءة معينة:

ثيودوليت قرصه الأفقى مقسم إلى درجات وثلاث الدرجة، مركب عليه ورنية عدد أقسامها ٦٠ قسماً. والمطلوب ضبط الورنية والقرص على الزاوية $40^\circ 52' 0''$.

فى هذه الحالة نجد أن القراءة تنقسم إلى قسمين : قسم نحدده على المقياس مباشرة وقسم آخر نحدده على الورنية.

ولابد لنا من التعرف على المقياس والورنية، حتى يمكن تحديد ما يمكن قراءته على المقياس ومايمكن قراءته على الورنية.

والمقياس هنا مقسم إلى درجات وثلاث الدرجة أى أنه مقسم إلى درجات وكل درجة مقسمة إلى ثلاثة أجزاء كل منها تساوى ٢٠ دقيقة.

(١) الفدان وحدة مساحة = ٢٤ قيراط، القيراط = ٢٤ سهم.

وعلى ذلك فإن أقرب قراءة يمكن تحديدها على المقياس هي $٥٧١ \text{ } ٤٠$.

ماتعنه الورنية = القراءة المطلوب تعيينها - ما يمكن قراءته على المقياس.

$$\begin{array}{r} ٥٧١ \text{ } ٤٠ \\ - ٥٧١ \text{ } ٥٢ \\ \hline ٠٠٠ \text{ } ١٢ \end{array}$$

والورنية عدد أقسامها ٦٠ قسماً وبذلك تكون دقتها :

$$\frac{١}{٦٠} = \frac{١}{٣} = ٢٠ \text{ أى أن كل قسم من أقسام الورنية دقته } ٢٠.$$

ولبيان عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق :

فهو يكون عند القسم = ماتعنه الورنية + دقة الورنية

$$٤٠ = ٢٠ \div ١٢ \text{ قسماً}$$

أى أن القسم الثامن والثلاثين على الورنية يجب أن ينطبق على أحد أقسام المقياس. ولتحديد مكان الإنطباق على المقياس.

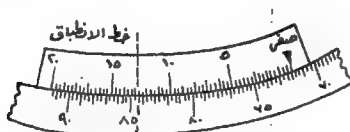
= القراءة التى يعينها المقياس + (عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق \times قيمة أصغر قسم للمقياس).

$$(٢٠ \times ٣٨) + ٥٧١ \text{ } ٤٠ =$$

$$٥٨٤ \text{ } ٢٠ = ٥٧١ \text{ } ٤٠ + ١٢ \text{ } ٤٠ =$$

نحرك الورنية حتى يصبح صفها بين القراءتين $٥٧١ \text{ } ٤٠$ ، $٥٧٢ \text{ } ٠٠$

على المقياس. وبمسار الحركة البطيئة نحرك الورنية حتى ينطبق القسم الـ ٣٨ عليها على تدريج المقياس عند $٥٨٤ \text{ } ٢٠$ كما فى الشكل التالى رقم (١٩).



شكل رقم (١٩) المقياس والورنية يوضحان $٥٧١ \text{ } ٤٠$ ، $٥٧٢ \text{ } ٠٠$

٢ - الورنيات العكسية :

وهي قليلة الإستعمال، رغم أنها أدق من الورنيات الأمامية. تتميز بأن اتجاه تدرج الورنية في عكس اتجاه تدرج المقياس المركبة عليه. كما تتميز بأن عدد أقسامها يقل بمقدار قسم واحد عن عدد أقسام المقياس المقابلة لطول الورنية.

ولتصميم الورنية العكسية نتخذ نفس الخطوات السابق ذكرها في الورنيات الأمامية فيما عدا بعض الاختلافات.

$$(أ) \text{ فعدد أقسام الورنية العكسية } = \frac{\text{طول أصغر قسم في المقياس}}{\text{دقة الورنية}}$$

فإذا كان عدد أقسام الورنية العكسية ٢٠ قسمًا مثلاً، فإننا نأخذ ٢٠ قسمًا من أصغر أقسام المقياس ونقسمها مرة أخرى إلى ١٩ قسمًا (بينما في الورنيات الأمامية نأخذ ١٩ قسمًا من أصغر أقسام المقياس ونقسمها إلى ٢٠ قسمًا).

(ب) لبيان القراءة على المقياس والورنية العكسية

$$= \text{القراءة على المقياس} + \text{ما يقرأ على الورنية}$$

إذ تبين القراءة التي يوضحها المقياس حتى القسم الذي يسبق صفر الورنية مباشرة في اتجاه تدرج المقياس، ثم يضاف إليها ما يقرأ على الورنية وهو عبارة عن عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق مضروباً في دقتها (كما هي الحال في الورنيات الأمامية).

(ج) لصعين خط الإنطباق على كل من الورنية العكسية والمقياس :

* بالنسبة للورنية يكون عدد الأقسام التي يحدث عندها الإنطباق

$$= \frac{\text{ما يقرأ على الورنية}}{\text{دقة الورنية}} \quad (\text{كما هي الحال في الورنيات الأمامية})$$

* بالنسبة للمقياس يكون القسم الذي يحدث عنده الإنطباق

$$= \text{ما يمكن قراءته على المقياس (عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق) } \times \text{منون صفر قسم من أقسام المقياس}.$$

بينما فى الورنيات الأمامية نوضع العلامة « + » بدلاً من « - » .

والمثال التالى يوضح لنا هذه الحالات :

مسطرة مقسمة إلى بوصات و $\frac{1}{8}$ البوصة. مطلوب إنشاء ورنية عكسية لها لتزيد دقة القياس بها إلى $\frac{1}{8}$ من البوصة مع بيان المسطرة والورنية عند القراءة $\frac{53}{64}$ بوصة.

(أ) لإنشاء هذه الورنية نتبع مايلى :

$$\text{عدد أقسام الورنية} = \frac{1}{\frac{1}{64}} \div \frac{1}{8} = 8 \text{ أقسام}$$

نأخذ ٩ أقسام من المقياس ، أى $1\frac{1}{8}$

بوصة ، ونقسمها إلى ٨ أقسام، ويراعى عند

تدريج الورنية أن يكون فى إتجاه عكس إتجاه

تدريج المسطرة. والشكل رقم (٢٠) يوضح شكل رقم (٢٠) ورنية دقتها $\frac{1}{64}$ بوصة للمقياس والورنية عند إنشائها.

(ب) لبيان القراءة $\frac{53}{64}$ بوصة :

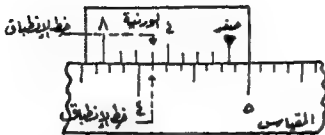
$$\text{ما يقرأ على المسطرة مباشرة} = \frac{6}{8} = \frac{48}{64} \text{ بوصة ،}$$

$$\text{ما يقرأ على الورنية} = \frac{53}{64} - \frac{48}{64} = \frac{5}{64} \text{ بوصة}$$

يكون خط الإنطابق على الورنية بعد القسم :

$$\text{أى عند القسم الخامس من بداية الورنية العكسية.} = \frac{1}{8} \div \frac{5}{64} = 5 \text{ أقسام}$$

ويكون الإنطابق على المقياس عند :

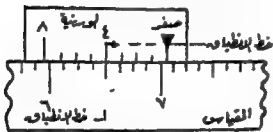


$$\left(\frac{1}{8} \times 8\right) - 4 = \frac{7}{8}$$

$$\text{بوصة } 4 = \frac{1}{8} = \frac{8}{8} - 4 = \frac{7}{8}$$

أى يكون خط الإنتطابق على القسم $\frac{1}{8}$

بوصة على المسطرة. (شكل رقم ٢١).
شكل رقم (٢١) المقياس والورنية
فى وضع بين القراءة $\frac{8}{16}$ ٤ بوصة



تدريج المقياس $\frac{1}{8}$ ٤ بوصة.

ولبيان هذه القراءة، نحرك الورنية على
المسطرة حتى يصبح صفرها بين $\frac{7}{8}$ ٤ ،
بوصة على المسطرة. ثم نحرك الورنية
بيضاء حتى ينطبق القسم الخاص منها على
شكل رقم (٢٢) المقياس والورنية
فى وضع بين القراءة $\frac{8}{16}$ ٤ بوصة
(ج) لقراءة المقياس والورنية كما يظهران فى الشكل رقم (٢٢).

* ما يقرأ مباشرة على المقياس = ٧ بوصات.

* ما يقرأ على الورنية = دقة الورنية × عدد الأقسام حتى خط الإنتطابق

$$\frac{1}{16} = 4 \times \frac{1}{64} \quad (\text{حيث أن الإنتطابق عند القسم الرابع})$$

$$\therefore \text{القراءة الكاملة} = \frac{1}{16} + 7 = 7 \frac{1}{16} \text{ بوصة}$$

٣ - الورنيات المزدوجة :

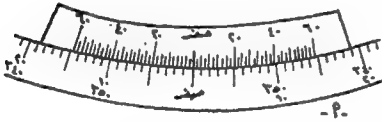
عبارة عن ورنتين أماميتين، يشتركان فى صفر البداية، بينما يتزايد تدريج كل منهما فى اتجاه عكس الأخرى. وهذا النوع من الورنيات يستعمل فى حالة تدريج المقياس فى اتجاهين مضادين حتى تستخدم كل ورنية مع تدريج المقياس المشترك معها فى الاتجاه.

والورنيات المزوجة نوعان :

(أ) أن تكون الورنيتان متحدتين في صفرهما، ولكن لكل منهما تقسيمها وتدرجها كما في الشكل رقم (٢٣ - أ).

(ب) أن تكون الورنيتان متحدتين في التقسيم نفسه، فيكون صفر إحداها نهاية التدرج بالنسبة للثانية، والعكس بالنسبة للورنية الثانية. ويكون ترقيم كل منهما في إتجاه مخالف للأخرى مثل المقياس كما في الشكل رقم (٢٣ - ب).

ولا يختلف تصميم وإنشاء الورنيات المزوجة، أو تعيين دقتها أو القراءة عليها أو تحديد قراءة معينة بها، عن الورنيات الأمامية، إذ تستخدم نفس الطرق والمعادلات السابق ذكرها للورنيات الأمامية. ذلك أن كل ورنية ومقياسها المشترك معها في الإتجاه يستعملان كأنهما ورنية ومقياس مستقلان تماماً عن الورنية والمقياس الآخر.



شكل رقم (٢٣)
ورنية مزوجة دقتها
٢ دقيقة
لمقياس دقته ١



ملاحظات على استعمال الورنيات:

قبل استعمال أى ورنية يجب التأكد بما يأتي :

- ١ - هل الورنية أمامية أو عكسية أو مزدوجة، وذلك بملاحظة عدد أقسام المقياس المقابل لعدد أقسام الورنية. وذلك بتحريك الورنية حتى ينطبق صفرها على قراءة صحيحة للمقياس المقابل لعدد أقسام الورنية. ثم يرصد عدد أقسام

المقياس والورنية. وبمقارنة أى العددين أكبر أو أقل ، يمكن معرفة نوع الورنية.

٢ - ملاحظة قيمة آخر تدريج على الورنية، ويجب أن يساوى قيمة أصغر قسم فى المقياس.

٣ - حساب دقة الورنية، وذلك بقسمة طول أصغر قسم فى المقياس على عدد أقسام الورنية وذلك لمعرفة مايعنيه القسم الواحد من أقسام الورنية من دقة على المقياس.

المقياس الإضافى

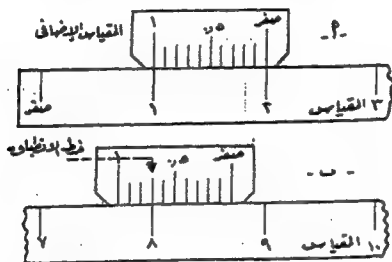
يستعمل المقياس الإضافى فى عديد من الأجهزة المساحية، لتلافى تقسيم المقياس المستخدم فيها إلى أقسام صغيرة. إذ أنه كلما زاد تقسيم المقياس إلى أجزاء أصغر، كلما أدى ذلك إلى إزدحامه وبالتالي يصبح من الصعب سى القراءة، هذا من تمييز الأقسام بدقة وسرعة، مما يؤدى إلى إحتمال أخطاء فى القراءة، هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، إحتمال عدم تساوى بعض الأقسام الصغيرة فى بعض الأحيان. فضلاً عن أن بعض الأجهزة، قد يتعذر حفر الأقسام الصغيرة على مقياسها.

وتعتمد فكرة المقياس الإضافى، على تركيب أداة تنزلق على المقياس الأصلى وتشمل قسماً واحداً من أقسام المقياس. ويقسم هذا القسم إلى أجزاء متساوية أصغر حسب الدقة المطلوبة. ويكون تدريج المقياس الإضافى عكس تدريج المقياس الأصلى.

فى الشكل (٢٤ - أ) مسطرة مقسمة إلى بوصات فقط، مركب عليها مقياس إضافى طوله بوصة أيضاً وقد تم تقسيمه إلى عشرة أجزاء لتصبح دقة القياس بهذه المسطرة ٠,١ بوصة. فعند القياس بها، يحرك المقياس الإضافى حتى ينطبق صفره على نهاية الخط المقاس. ويقرأ تدريج المقياس الإضافى المنطبق على أحد أقسام المقياس. وتصبح القراءة عبارة عن : تدريج القسم الصحيح على المقياس

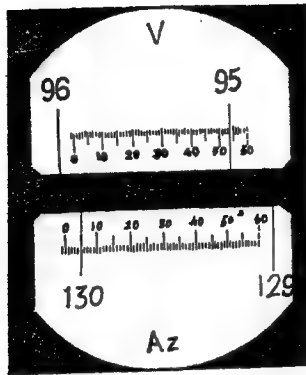
عند خط الانطباق مضافاً إليه القراءة على خط الانطباق في المقياس الإضافي،
والشكل رقم (٢٤ - ب) يوضح القراءة ٨٧ بوصة.

وميزة المقياس الإضافي تتمثل في توفير تقسيم جميع أقسام المقياس الرئيسى،
لأن المقياس الإضافي قد قسم طول وحدة واحدة من المقياس الرئيسى. ويستخدم
في العادة وسيلة لتكبير المقاييسين معاً (عدسة مكبرة) لتسهيل القراءة، كما هي
الحال في معظم الأجهزة المساحية الحديثة. وتجدر الإشارة إلى أن المقياس الإضافي
عادة مايكون ثابتاً في المنظار (في معظم أنواع الأجهزة) بينما يتحرك عليه تدريج
المقياس مع حركة الجهاز:



شكل رقم (٢٤) المقياس الإضافي، تصميمه وقراءته

والشكل رقم (٢٥) يبين مقياساً إضافياً كما يظهر في منظار نيودوليت،
(نيودوليت وابلد Wild T 16)، على تدريج القرص الرأسى (V.) وتدرج القرص
الأفقى (AZ.)، ويوضح القراءة: الزاوية الرأسية ٥٤°، ٩٥° والزاوية الأفقية ١٣٠°.



شكل رقم (٢٥) المقياس الإضافي لليودوليت وأبلد

أمثلة وتمارين

المثال الأول:

مسطرة تقسم إلى بوصات، مقسمة إلى أقسام كل منها $\frac{1}{8}$ بوصة
والمطلوب تصميم وزنية لها حتى تصل دقة القياس بالمسطرة إلى $\frac{1}{64}$.
طريقة الإجابة :

لمعرفة عدد أقسام الزنية يستخدم القانون

$$\text{دقة الزنية} = \frac{\text{طول أصغر قسم في المقياس}}{\text{عدد أقسام الزنية}} \quad \text{أو} \quad \frac{1}{N} = \frac{1}{64}$$

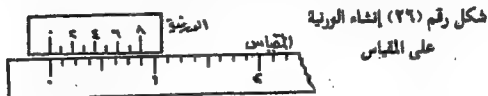
$$\text{وفي هذا المثال دقة الزنية} = \frac{1}{64}$$

طول أصغر قسم في المقياس $= \frac{1}{8}$ بوصة ، عدد أقسام الزنية $= N$

$$\frac{\frac{1}{8}}{n} = \frac{1}{64} \therefore$$

$$n = \frac{64}{1} \times \frac{1}{8} = 8 \text{ أقسام}$$

ولرسم الورنية نأخذ سبعة أقسام من المقياس $\frac{7}{8}$ بوصة ونقسمها إلى ثمانية أقسام فتكون هي الورنية المطلوبة كما في الشكل رقم (٢٦).



المثال الثاني:

صمم ورنية لمقياس مقسم إلى درجات ونصف درجات بحيث تعين إلى ٣٠ ثانية. ثم بين الورنية والمقياس في وضع يوضح القراءة ٣٠ ٣٧ ٥٤ °.
طريقة الإجابة :

(أ) لمعرفة عدد أقسام الورنية المطلوب إنشاؤها

$$\frac{60 \times 30}{n} = 30 \quad \frac{60}{n} = 30$$

$$\therefore n = 60 \text{ قسماً}$$

ولرسم الورنية نأخذ ٥٩ قسماً من أقسام المقياس أي ٥٩ نصف درجة أي ٣٠ ٢٩ ° ونقسمها إلى ٦٠ قسماً فنحصل على الورنية المطلوبة.
(ب) ولتعيين القراءة ٣٠ ٣٧ ٥٤ ° على المقياس والورنية.
ما يقرأ مباشرة على المقياس ٣٠ ٥٤ °

$$\text{ما يقرأ على الورنية} = \text{القراءة المطلوبة} - \text{ما يقرأ مباشرة على المقياس}$$

$$30.7 = 30.54 - 30.24 = 0.26$$

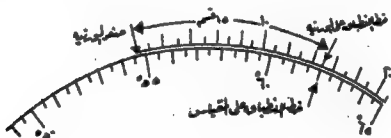
ولبيان هذا الجزء على المقياس بواسطة الوردية نقوم بتعيين خط الإنطباق.

فهو يكون على الوردية بعد : $\frac{\text{ما قرأ على الوردية}}{\text{دقة الوردية}}$

$$\text{أى بعد : } \frac{٠.٧ \text{ } ٣٠}{٠.٠٣} = ١٥ \text{ قسماً من أقسام الوردية.}$$

وهذه الأقسام (الـ ١٥ قسماً) على الوردية تقابل ١٤ قسماً من أقسام المقياس بالإضافة إلى جزء صغير من القسم الخامس عشر وهذا الجزء بعينه صفر الوردية بعد القراءة المباشرة على المقياس، أى أن الإنطباق يكون على المقياس بعد ١٥ قسم (نصف درجة) بعد القراءة المباشرة ٠٥٤ ٣٠ (أنظر شكل ٢٧).

الإنطباق على المقياس عند : $٠٥٤ \text{ } ٣٠ \text{ } ٠٠ = ١٥ \times \frac{٠.١}{٣} + ٠٦٢ \text{ } ٠٠ \text{ } ٠٠$



شكل (٢٧) المقياس والوردية يوضحان القراءة ٠٥٤ ٣٠ ٢٧

(ج) وبيان القراءة على المقياس والوردية بالرسم :

نرسم جزءاً من المقياس المراد إنشاء الوردية له ويكفى أن يكون الجزء المحصور بين الرقم القريب الأدنى من القراءة المطلوبة (٥٠) والرقم القريب الأعلى من خط الإنطباق على المقياس (٦٥). ثم نرسم فوقه قوساً آخر يمثل الوردية على أن يكون القسم الخامس عشر فيها منطبقاً على الدرجة ٠٦٢ على المقياس، ثم نبداً فى تقسيم الوردية على يمين ويسار هذا الخط طبقاً لطول قسم الوردية حتى نعين خط صفر الوردية، فنجدّه محصوراً بين الدرجة ٠٥٤ ٣٠ الدرجة ٥٥٥.

المثال الثالث:

مقياس مقسم إلى ستيمترات وربع الستيمتر ، يراد تصميم ورنية له تعين إلى $\frac{1}{4}$ من المليمتر (أى ٠.٥ من المليمتر) ثم لرسم الورنية والمقياس فى وضع يعين القراءة ١٢,٤٨٥ ستيمتراً.
طريقة الإجابة :

(أ) عدد أقسام الورنية :

$$\frac{2.5}{5} = 0.5 \quad \frac{5}{5} = 1$$

$$\therefore 50 = \frac{2.5}{0.5} = 50 \text{ قسم}$$

نقسم ٤٩ قسماً من الأقسام المقياس أى (2.5×49) مليمتر = ١٢,٢٥ سم إلى ٥٠ قسماً فتكون هى الورنية المطلوبة. وبهاى دائماً أن يكون تدرج الورنية فى إتجاه تدرج المقياس.

(ب) ولتعين القراءة المطلوبة :

$$\begin{aligned} \text{ما يقرأ على المقياس مباشرة} &= 12.25 \text{ سم} \\ \text{ما يقرأ على الورنية} &= 12.485 - 12.25 = 0.235 \text{ سم} \\ &= 2.35 \text{ م} \end{aligned}$$

∴ خط الانطباق على الورنية بعد : $2.35 \div 0.5$

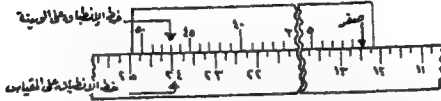
$$= 47 \text{ قسماً من أقسامها}$$

ونخط الانطباق على المقياس عند : $(0.25 \times 47) + 12.25$

$$= 11.75 + 12.25 = 24 \text{ سم}$$

(ج) ولرسم الورنية توضح هذه القراءة على المقياس تتبع نفس الخطوات السابق ذكرها فى المثال السابق، فنحصل على شكل الورنية بالنسبة للمقياس وهى

تبين القراءة ١٢,٤٨٥ سم كما في الشكل (رقم ٢٨).



شكل رقم (٢٨) الورنية والمقياس يوضحان القراءة ١٢,٤٨٥ سم

المثال الرابع:

الشكل الآتي (رقم ٢٩) يبين ورنية ومقياس في وضع معين، والمطلوب معرفة قراءة الورنية التي يعيها صفرها علماً بأن أصغر قسم في المقياس = ٠,٥ سم.



شكل رقم (٢٩) الورنية والمقياس يوضحان القراءة

طريقة الإجابة :

$$\text{دقة الورنية} = \frac{0.5}{10} = \frac{1}{20} \text{ سم} = 0.05 \text{ م}$$

ما يقرأ على المقياس مباشرة : ١٢ سم

ما يقرأ على الورنية = دقة الورنية × عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق.

$$0.25 = 5 \times 0.05 = 0.25 \text{ م}$$

$$\text{القراءة كاملة} = 12.00 + 0.25 = 12.25 \text{ م}$$

تمارين على الورنيات

١ - قوس مقسم إلى ثلث الدرجة، صمم له ورنية تقس إلى ثلث دقيقة (٢٠)

ولرسم القوس والورنية يوضحان القراءة ٢٢ ٢٤٤٠° والقراءة ٢٠ ٧ ٣٥٧°



شكل رقم (٣٠)

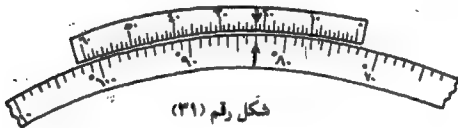
٢ - الشكل (رقم ٣٠) لورنية مركبة على مقياس طولى أصغر قسم فيه ٢ متر، فما هي دقة الورنية وماهى هذه القراءة ؟

٣ - مقياس مقسم إلى $\frac{1}{16}$ من البوصة، يراد إنشاء ورنية له دقتها $\frac{1}{64}$ من البوصة، فما عدد أقسامها ؟

٤ - إذا كان لدينا مقياس مقسم إلى ملليمترات ومركب عليه ورنية عدد أقسامها ٢٠ قسمًا، وكان صفر الورنية بعد القراءة ٧,٣ سم وكان خط إنطباق الورنية عند القسم الثانى عشر، فما هى دقة الورنية وماهى القراءة الكاملة على المقياس والورنية ؟

٥ - مقياس مقسم إلى درجات و $\frac{1}{2}$ الدرجة، صمم له ورنية تقس إلى نصف دقيقة. وإذا كانت القراءة على المقياس والورنية $30^{\circ} 40'$ فعلى أى قسم من أقسام الورنية والمقياس يكون خط الإنطباق ؟

٦ - الشكل الآتى (رقم ٣١) لورنية مركبة على مقياس يقيس إلى درجات، فما دقتها وما القراءة التى تبينها ؟



شكل رقم (٣١)

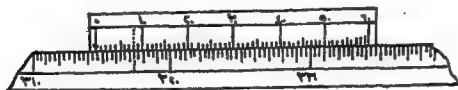
٧ - مقياس مقسم إلى نصف درجة، مركب عليه ورنية عدد أقسامها ٢٠ قسمًا، فما هى دقة هذه الورنية ؟

٨ - إذا كانت دقة الورنية لمقياس يقيس إلى $\frac{1}{4}$ بوصة هى ٠,٠١ من البوصة.

وكان صفر الورنية بعد القراءة $3\frac{3}{4}$ بوصة وكان خط الانطباق عند القسم ١٤ من الورنية فما عدد أقسام الورنية وماهى القراءة الكاملة على المقياس والورنية.

٩ - إذا كان أصغر قسم فى مقياس ماهر ٥ أمتار ، وضع بالرسم وضع ورنية عليها لتبين القراءتين ٣٤,٧ متر ، ٢٧,٣ متر.

١٠ - الشكل الآتى (رقم ٣٢) يبين مقياساً يقرأ إلى ثلث الدرجة والمطلوب حساب دقة الورنية والقراءة الكاملة التى تبينها الورنية والمقياس.

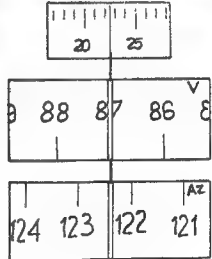
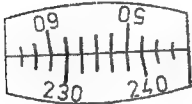
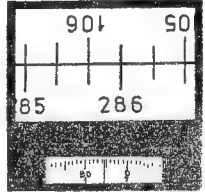
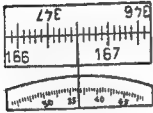
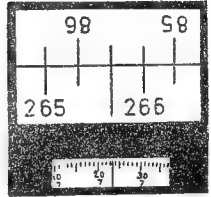
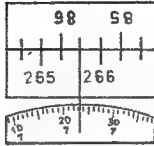


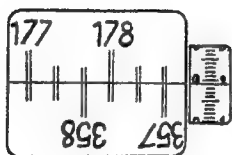
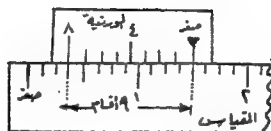
شكل رقم (٣٢)

١١ - مقياس رسم ١ : ٢٠٠,٠٠٠ يقرأ إلى $\frac{1}{4}$ كيلومتر ، صمم له ورنية تقس إلى ١٠ أمتار مع بيان وضع مقياس الرسم ومركب عليه الورنية للقراءة ٢,٣٧ كيلومتراً والقراءة ٤,٨١ كيلومتراً.

١٢ - إذا كانت القراءة على منقلة مقسمة إلى درجات ومركب عليها ورنية عدد أقسامها ٣٠ قسماً هى 40° فما هى الدقة الورنية وماهو خط الانطباق على الورنية.

١٣ - إقرأ المقاييس الآتية :





الفصل الثالث

طرق إيجاد المساحات

من الأعمال الهامة التي يقوم بها الجغرافى، قياس المساحات على الخرائط. فقد يحتاج دارس الخريطة معرفة مساحات الوحدات الإدارية أو مساحة الرقعة التي تشغلها مدينة أو بحيرة أو مساحة الأراضي المزروعة أو المغطاة بالغابات وغيرها من الأغراض أو الظواهر، تبعاً لطبيعة مايقوم به الجغرافى من دراسة.

وتجدر الإشارة إلى أنه ما من شك فى أن الحساب المباشر، عن طريق القياسات والأرصاء المأخوذة من الطبيعة هي أدق الطرق، وإن كانت أقل إستعمالاً لاعتمادها على مبدأ رفع الأرض (أى إجراء عمليات مسحها لها Surveying). فذلك يمنع وجود أى أخطاء فى حساب المساحات التي قد تنتج عند رسم الخريطة أو إستنتاج الأطوال من الخريطة. وعلى الرغم من ذلك فإن حساب مساحة الظواهر المختلفة يتم فى معظم الأحيان من واقع الخرائط، ورغم ما تعلمه من أن الخريطة تمثل مسطعاً أفقياً والخطوط التي يتم قياسها هي الخطوط الأفقية وليست المائلة... لهذا يعتمد حساب المساحات ومطابقتها على الطبيعة على عدة عوامل من أهمها:

- * أن تكون الخريطة مرسومة بدقة ومن واقع عمليات مسح ذات دقة عالية.
- * أن تكون الخريطة مرسومة على أساس مسقط من مناطق المساحات المتساوية . Equal Area Projections
- * دقة مقياس رسم الخريطة ووحدة فى جميع أجزاء الخريطة.
- * دقة القياس على الخريطة. فمثلاً إذا كان هناك خطأ فى القياس قدره ١، ٠ ملليمتر، على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠,٠٠٠، كان معنى ذلك خطأ فى الطول الحقيقى قدره عشرة أمتار على الطبيعة.

* علم وجود تباين كبير فى مناسيب المنطقة المطلوب حساب مسطحها، إذ أن مساحة المستوى المائل يكون أكبر من مساحته عند إسقاطه على المستوى الأفقى.

* الطريقة المتبعة فى الحساب، فمن الطرق ماهو دقيق ومنها ماهو تقريبي.

ويختلف شكل الرقعة التى تشغلها الظاهرات التى نرغب فى إيجاد مساحتها. فقد يكون المطلوب حساب مساحة بعض المباني مثلاً وهذه يكون مسطحها غالباً ذات أشكال منتظمة هندسية كالمرجع أو المستطيل أو المثلث... أو قد يكون المطلوب معرفة مساحة ميدان أو حديقة على شكل دائرة أو معين... إلخ من الأشكال المنتظمة الهندسية المختلفة. أو قد تكون المنطقة محددة بخطوط مستقيمة وليست ذات شكل منتظم أو ذات شكل محدد بحدود منحنية أو متعرجة. ولكل شكل من هذه الأشكال طرق معينة فى حساب مساحته. وفيما يلى دراسة لطرق إيجاد المساحة تبعاً لهذه الأشكال المختلفة.

وحدات المساحات :

الفدان = ٢٤ قيراطاً = ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً = $\frac{1000}{4}$ قصبه مربعة

القيراط = ٢٤ سهماً = ١٧٥,٠٣٤٧ متراً مربعاً

السهم = ٧,٢٩٣ أمتار مربعة

الزراع المعمارى المربع = (٧٥ × ٧٥ سم) = ٥٦٢٥ متراً مربعاً

الزراع البلدى المربع = (٥٨ × ٥٨ سم) = ٣٣٦٤ متراً مربعاً

القصبه المربعة = (٣,٥٥ × ٣,٥٥ متر) = ١٢,٦٠٣٥ متراً مربعاً

الختر المربع = ١٠,٧٦٤ أقدام مربعة

البوصه المربعة = ٦,٤٥٢ سم ٢

أولاً : الأشكال المنتظمة (الهندسية) :

ويقصد بها تلك الظاهرات التي تشغل رقعاً من الأرض منتظمة الشكل أو ذات شكل هندسي مثل المربع أو المثلث أو المستطيل ... إلخ. ففي مثل هذه الحالات يمكن حساب مساحتها باستخدام القوانين المباشرة أو المعادلات الخاصة.

$$١ - مساحة المربع = طول ضلع المربع \times نفسه$$

$$٢ - مساحة المستطيل = الطول \times العرض$$

$$٣ - مساحة متوازي الأضلاع = القاعدة \times الارتفاع$$

$$٤ - مساحة المعين = \frac{1}{2} \times حاصل ضرب القطرين$$

المعين شكل متوازي الأضلاع، جميع أضلاعه متساوية الطول، وفيه يكون القطران متعامدان.

$$٥ - مساحة شبه المنحرف = نصف مجموع القاعدتين \times الارتفاع$$

$$= \frac{أ + ب}{2} \times ع$$

حيث أ ، ب طول كل من القاعدتين المتوازيين ، ع الارتفاع العمودي بينهما

$$٦ - مساحة المثلث :$$

$$* \text{ إذا كان المثلث قائم الزاوية } = \frac{1}{2} \text{ القاعدة } \times \text{ الارتفاع}$$

$$* \text{ إذا كان المعلوم ضلعان والزاوية بينهما } = \frac{1}{2} \times أ \times ب \times \sin \text{ حـ}$$

حيث أ ، ب طول الضلعين ، حـ جيب الزاوية المحصورة بينهما.

$$* \text{ إذا كان المعلوم أطوال أضلاعه الثلاثة :$$

$$= \frac{1}{4} \sqrt{(أ + ب + ح)(أ - ب + ح)(أ + ح - ب)(ب + ح - أ)}$$

$$\text{حيث أ ، ب ، ح أطوال أضلاع المثلث ، حـ نصف محيط المثلث} = \frac{أ + ب + ح}{2}$$

$$* \text{ إذا كان المثلث متساوي الأضلاع } = \frac{\sqrt{3}}{4} \text{ حـ}^2$$

$$\text{أو } = 0,433 \times \text{ حـ}^2$$

حيث حـ طول كل ضلع من أضلاع المثلث

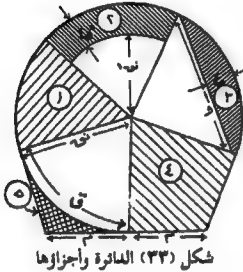
٧ - مساحة الأشكال المنتظمة الأضلاع :

* مساحة الشكل الخماسى المنتظم = $1,7٢ \text{ ج}^2$

* مساحة الشكل السداسى المنتظم = $٢,٦ \text{ ج}^2$

* مساحة الشكل الثمانى المنتظم = $٤,٨٣ \text{ ج}^2$

* مساحة أى شكل منتظم عدد أضلاعه $n = \frac{1}{4} \times n \text{ ج}^2 \sin \left(\frac{360^\circ}{n} \right)$



حيث جـ طول الضلع فى الشكل المنتظم

، n عدد أضلاع الشكل.

٨ - مساحة الدائرة وأجزاءها :

انظر شكل (٣٣)

نق : نصف قطر الدائرة.

نق_١ : نصف قطر الدائرة الأصغر

ق : طول القوس

ع : طول السهم - أقصى بعد بين الوتر والقوس عمودى على الوتر.

ف : الفرق بين نصف قطرى الدائرتين

م : طول المحاس .

هـ : الزاوية بالدرجات الستينية

هـ^(١) : الزاوية بالتقدير الدائرى

ط : نسبة ثابتة $\frac{٢٢}{٧}$ أو $٣,١٤١٦$

(١) التقدير الدائرى هو النسبة بين طول القوس الذى يقابل الزاوية والمقطع من دائرة مركزها هذه الزاوية وبين نصف القطر لهذه الدائرة أما التقسيم الستينى هو تقسيم الدائرة إلى 360° ركلى درجة مقسمة إلى 60° دقيقة وكل دقيقة مقسمة إلى 60° ثانية.

* مساحة الدائرة = ط نق^٢

* مساحة القطاع (الجزء رقم ١ شكل ٣٣) = $\frac{\text{مس}}{360} \times \text{ط نق}^2$

$$\text{أو} = 0,008727 \times \text{هـ} \times \text{نق}^2$$

هـ : الزاوية المحصورة بين نصفي القطر الملتصقين للقطاع

* مساحة جزء من الحلقة (الجزء رقم ٢ شكل ٣٣)

$$= \frac{\text{مس}}{4} (\text{نق} + \text{نق}_1) \text{ ف أو } = \frac{\text{ق} + \text{ق}_1}{4} \times \text{ف تقريباً}$$

* مساحة القطعة (الجزء رقم ٣ شكل ٣٣)

$$= \frac{1}{4} \text{نق}^2 (\text{هـ} - \text{ح} - \text{هـ}^2) \text{ أو } = \frac{1}{4} \text{ع} \times \text{و تقريباً}$$

* مساحة الجزء المحصور بين نصفي القطر والمماسين (الجزء رقم ٤ شكل ٣٣).

$$= \text{نق} \text{ ظا} \frac{\text{مس}}{4} \text{ أو } = \text{نق} \times \text{م تقريباً}$$

* مساحة الجزء بين الدائرة والمماسين (الجزء رقم ٥ شكل ٣٣).

$$= \text{نق} (\text{ظا} - \frac{\text{مس}}{4} - \frac{\text{مس}}{4})$$

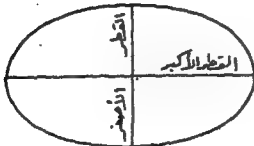
$$\text{أو} = \text{نق} \times \text{م} - \frac{1}{4} (\text{نق} \times \text{ق}) \text{ تقريباً}$$

٩ - مساحة القطر المكافئ (شكل ٣٤ - أ) = $\frac{2}{3} \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$

١٠ - مساحة القطر الناقص (شكل ٣٤ - ب)

$$= \frac{1}{4} \times \text{القطر الكبير} \times \text{القطر الصغير} \times \text{النسبة التقريبية}$$

$$\text{أو} = \frac{1}{4} \times \text{أ} \times \text{ب} \times \text{ط}$$



شكل رقم (٣٤) (أ) القطع المكافئ (ب) القطع الناقص

ثانياً : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة :

ويقصد بها تلك المسطحات المحددة بخطوط مستقيمة، ولكنها لا تكون منتظمة الشكل أو ذات أشكال هندسية كالتى سبق ذكرها. ويمكن حساب مساحة مثل هذه المسطحات بإحدى الطرق الآتية :

١ - التقسيم إلى مثلثات :

وذلك بتقسيم الشكل إلى مثلثات عن طريق توصيل رؤوس حدود المنطقة ببعضها (شكل ٣٥ - أ ، ب)، أو إختيار نقطة مركزية داخل منطقة ورسم أشعة منها إلى أركانها كما فى شكل (٣٥ ج). ثم إيجاد مساحة كل مثلث على حدة، إما عن طريق قياس أطوال أضلاع كل مثلث، وهى الطريقة الأفضل من ناحية الدقة رغم صعوبتها من ناحية التطبيق الرياضى، أو عن طريق إسقاط أعمدة من رأس كل مثلث على قاعدته كما فى شكل (٣٥ د). وهذه الطريقة رغم سهولتها إلا أنها أقل فى دقتها، لما قد يحدث من أخطاء فى قياس الأعمدة أو إسقاطها بدقة. ثم تجمع مساحات هذه المثلثات وبالتالي نحصل على المساحة الكلية للشكل.

وبراعى أن يكون القياس عن طريق المقياس الخطى مباشرة، حتى تكون المساحات الناتجة بالأمتار المربعة على الطبيعة مباشرة. وكلما كان المقياس الخطى أكثر دقة، كلما كان ذلك أفضل من ناحية النتائج التى نحصل عليها.

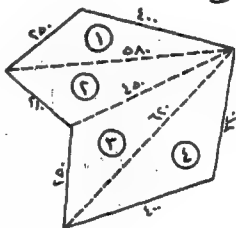
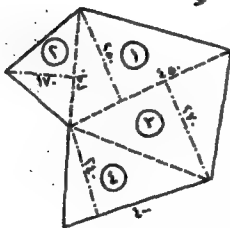
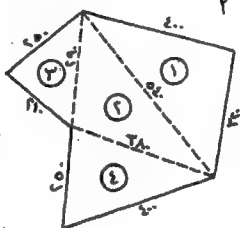
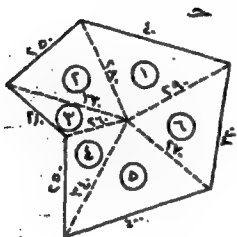
وبفضل دائماً - إذا كان المطلوب معرفة مساحة الشكل بدقة كبيرة - أن نكرر محاولة تقسيمه إلى مثلثات بصور متعددة - كما فى الشكل (٣٥). وعلى ذلك تكون المساحة الكلية للشكل عبارة عن مجموع المساحات الناتجة من كل محاولة، مقسوماً على عدد هذه المحاولات.

والشكل رقم (٣٥) يبين قطعة من الأرض، تم حساب مساحتها بالطرق السابق ذكرها فكانت نتائج الحساب كما يلى :

المحاولة الأولى : شكل (٣٥ - أ) :

المثلث رقم (١) $ح = \frac{1}{2} (٥٤٠ + ٣٢٠ + ٤٠٠) = ٦٣٠$ متراً
 \therefore مساحته $= \sqrt{\frac{٦٣٠ (٥٤٠ - ٦٣٠) (٣٢٠ - ٦٣٠) (٤٠٠ - ٦٣٠)}{٦٣٠}}$
 $= ٦٣٥٨٢,٣٠٩$ متراً مربعاً

المثلث رقم (٢) $ح = \frac{1}{2} (٣٨٠ + ٢٩٠ + ٥٤٠) = ٦٠٥$ أمتار
 \therefore مساحته $= \sqrt{\frac{٦٠٥ (٣٨٠ - ٦٠٥) (٢٩٠ - ٦٠٥) (٥٤٠ - ٦٠٥)}{٦٠٥}}$
 $= ٥٢٧٠٣,٥٥٤$ متراً مربعاً



شكل (٣٥) طريقة التقسيم إلى مثلثات

(مقياس الرسم ١/١٠٠٠٠ - الأطوال بالمتر حسب مقياس الرسم)

$$\text{المثلث رقم (٣) ح} = \frac{1}{2} (210 + 250 + 290) = 375 \text{ متراً}$$

$$\therefore \text{مساحته} = \sqrt{375(210 - 375)(250 - 375)(290 - 375)} = 210 - 375$$

$$= 25640,239 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{المثلث رقم (٤) ح} = \frac{1}{2} (400 + 250 + 380) = 515 \text{ متراً}$$

$$\therefore \text{مساحته} = \sqrt{515(400 - 515)(250 - 515)(380 - 515)} = 400 - 515$$

$$= 46030,146 \text{ متراً مربعاً.}$$

وعلى ذلك تكون المساحة الكلية للشكل = مجموع مساحة المثلثات ١ ،

$$٢ ، ٣ ، = 188046,248 \text{ متراً مربعاً}$$

المحاولة الثانية : (شكل ٣٥ - ب) :

وذلك بإيجاد مساحة كل مثلث عن طريق معرفة أطوال أضلاعه

$$\text{مساحة المثلث رقم (١) } = 41099,067 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٢) } = 41070,900 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٣) } = 47676,409 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٤) } = 56264,998 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\therefore \text{المساحة الكلية للشكل} = 186616,929 \text{ متراً مربعاً}$$

المحاولة الثالثة : (شكل ٣٥ - ج) :

باستخدام نقطة مركزية مع حساب مساحة المثلث بمعلومية أطوال أضلاعه

$$\text{مساحة المثلث رقم (١) } = 40590,189 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٢) } = 34073,450 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٣) } = 13640,012 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٤) } = 18781,224 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٥) } = 40343,726 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٦) } = 36693,324 \text{ متراً مربعاً}$$

$$\therefore \text{المساحة الكلية للشكل} = 189132,320 \text{ متراً مربعاً}$$

المحاولة الرابعة : (شكل ٣٥ - د) :

$$\text{مساحة المثلث} = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الإرتفاع}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (١)} = ٥٦٢٥٠ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٢)} = ٢٤٦٥٠ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٣)} = ٦٠٧٥٠ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٤)} = ٤٨٠٠٠ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\therefore \text{المساحة الكلية للشكل} = ١٨٩٦٥٠ = \text{متراً مربعاً}$$

ومن هذه المحاولات الأربعة يتضح إختلاف قيمة مساحة مسطح المنطقة الناتج من كل محاولة. ويرجع ذلك أساساً إلى عملية القياس ذاتها على الخريطة تبعاً لمقياس الرسم، وما ينتج عنه من تقريب للأطوال المقاسة مهما كان القياس دقيقاً. وهذا يؤكد ضرورة إجراء أكثر من محاولة في القياس والحساب لم حساب المتوسط، وكلما زادت عدد المحاولات كلما كان المتوسط الناتج أكثر دقة.

وفي المثال السابق يكون متوسط مساحة المنطقة :

$$\text{المساحة الناتجة من المحاولة الأولى} = ١٨٨٠٤٦,٢٤٨ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{المساحة الناتجة من المحاولة الثانية} = ١٨٦٦١٦,٩٢٩ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{المساحة الناتجة من المحاولة الثالثة} = ١٨٩١٣٢,٣٢٥ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{المساحة الناتجة من المحاولة الرابعة} = ١٦٩٦٥٠,٠٠٠ = \text{متراً مربعاً}$$

$$\text{المجموع} = ٧٥٣٤٤٥,٥٠٢ = \text{متراً مربعاً}$$

ونقسمه هذا المجموع على ٤ (عدد المحاولات)

$$\therefore \text{متوسط مساحة المنطقة} = ١٨٨٣٦١,٣٨ = \text{متراً مربعاً}$$

ولتحويل هذه المساحة إلى أفدنة وأجزاءها ^(١) ، نجرى مايلي :

(١) راجع وحدات المساحة ص ٦٤ من هذا الكتاب.

(أ) تقسم هذه المساحة على ٤٢٠٠,٨٣ متر مربع، حتى نحصل على رقم صحيح للأقدنة.

(ب) وما تبقى من القسمة السابقة، يقسم على ١٧٥,٠٣٤٧ متر مربع حتى نحصل على رقم صحيح للقراريط.

(ج) وما يبقى من القسمة الثانية، يقسم على ٧,٢٩٣ متر مربع فنحصل على الأسهم وكسورها.

أى أن :

$$\text{عدد الأقدنة} = ٤٢٠٠,٨٣ \div ١٨٨٣٦١,٣٨ = ٤٤ \text{ فدناً}$$

ويتبقى ٣٥٢٤,٨٦ متراً مربعاً.

$$\text{عدد القراريط} = ١٧٥,٠٣٤٧ \div ٣٥٢٤,٨٦ = ٢٠ \text{ قيراطاً}$$

ويتبقى ٢٤,١٦٦ متراً مربعاً.

$$\text{عدد الأسهم} = ٧,٢٩٣ \div ٢٤,١٦٦ = ٣,٣ \text{ أسهم}$$

$$\text{تتكون مساحة المنطقة} = \begin{matrix} \text{ب} & \text{ط} & \text{س} \\ ٤٤ & ٢٠ & ٣,٣ \end{matrix}$$

٢ - التقسيم إلى أشباه منحرفات :

وذلك يرسم خط - يسمى خط القاعدة - بين أبعدي ركنين من أركان المنطقة المراد إيجاد مساحتها. ثم إسقاط أعمدة من باقى الأركان على خط القاعدة، وبالتالي يتم تقسيم المنطقة إلى مثلثات وأشباه منحرفات كما فى الشكل رقم (٣٦ - أ). ومن ثم يمكن إيجاد مساحة كل مثلث أو شبه منحرف على حدة. وتكون المساحة الكلية للمنطقة عبارة عن مجموع مساحات هذه المثلثات وأشباه المنحرفات.

وقد يرسم خط القاعدة خارج الشكل، ثم تسقط أعمدة من أركان المنطقة على خط القاعدة كما فى الشكل رقم (٣٦ - ب). ثم تحسب مساحة المضلع الأكبر الذى يكون خط القاعدة أحد أضلاعه، كذلك تحسب مساحة المضلع

الأصغر (وفيه أيضاً يكون خط القاعدة أحد أضلاعه). وعلى ذلك تكون مساحة المنطقة عبارة عن الفرق بين مساحي المضلع الأكبر والمضلع الأصغر.

وفيما يلي حساب مساحة المنطقة المبيّنة بالشكل رقم (٣٦) بالطريقتين السابقتين ذكرهما.

(أ) خط القاعدة داخل الشكل :

تم رسم الخط أ - هـ كخط قاعدة (شكل ٣٦ - أ)، وبلاحظ أن مجموع أطوال أضلاع الأشكال ١، ٢، ٣، ٤ الواقعة على خط القاعدة، تساوي مجموع أطوال أضلاع الأشكال ٥، ٦، ٧، ٨ الواقعة على خط القاعدة.

$$\text{أى أن : } ١٢٥ + ١٢٥ + ١٢٥ + ١٢٥ = ٥٠٠ \text{ متر}$$

$$٢٠٠ + ١١٥ + ١٣٥ + ٥٠ = ٥٠٠ \text{ متر}$$

$$\text{مساحة المثلث (١) } = \frac{1}{2} \times ١٢٥ \times ١١٠ = ٦٨٧٥,٠ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة شبه المنحرف (٢) } = \frac{1}{2} \times (٧٥ + ١١٠) \times ١٢٥ = ١١٥٦٢,٥ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة شبه المنحرف (٣) } = \frac{1}{2} \times (١٢٥ + ٧٥) \times ١٢٥ = ١٢٥٠٠,٠ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث رقم (٤) } = \frac{1}{2} \times ١٢٥ \times ١٢٥ = ٧٨١٢,٥ \text{ متراً مربعاً}$$

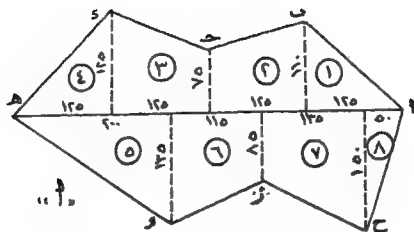
$$\text{مساحة المثلث رقم (٥) } = \frac{1}{2} \times ١٣٥ \times ٢٠٠ = ١٣٥٠٠,٠ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة شبه المنحرف (٦) } = \frac{1}{2} \times (٨٥ + ١٣٥) \times ١٢٥ = ١٢٦٥٠,٠ \text{ متراً مربعاً}$$

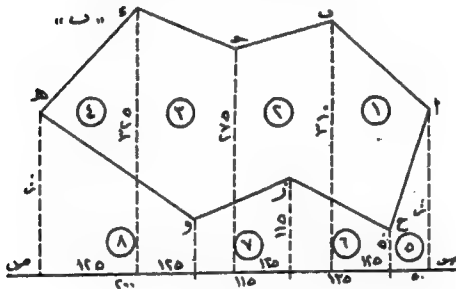
$$\text{مساحة شبه المنحرف (٧) } = \frac{1}{2} \times (٨٥ + ١٥٠) \times ١٣٥ = ١٥٨٦٢,٥ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\text{مساحة المثلث (٨) } = \frac{1}{2} \times ١٥٠ \times ٥٠ = ٣٧٥٠,٠ \text{ متراً مربعاً}$$

$$\therefore \text{المساحة الكلية للمنطقة } = ٨٤٥١٢,٥ \text{ متراً مربعاً}$$



مقياس الرسم ١ : ٥٠٠٠ - الأبعاد بالمتر
شكل (٣٦ - أ) التقسيم إلى أشياء منحرفات ومثلثات



شكل (٣٦ - ب) التقسيم إلى أشياء منحرفات ومثلثات

(ب) خط القاعدة خارج الشكل : (شكل ٣٦ - ب)

وذلك برسم محور مثل س ص خارج المنطقة المطلوب إيجاد مساحتها وإسقاط أعمدة من أركان المنطقة على خط القاعدة ثم نأخذ بمساحة الشكل المحدد بالنقط س أ ب ج د هـ ص وهو عبارة عن مجموع مساحات أشياء المنحرفات أرقام ١، ٢، ٣، ٤ ويمثل المضلع الخارجى المحصور بين الحدود الخارجية للمنطقة والمحور س ص . ثم نحسب مساحة المضلع الداخلى المحصور

بين النقط من أ ح ز و هـ من ويمثله مجموع مساحات أشباه المنحرفات
أرقام ٨٠٧٠٦٠٥ . فتكون مساحة المنطقة = الفرق بين مساحتي المضلع
الخارجي والمضلع الداخلي.

مساحة المضلع الخارجي :

$$\begin{aligned} \text{شبه المنحرف (١)} &= \frac{310 + 200}{2} \times 125 = 31875,0 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٢)} &= \frac{270 + 310}{2} \times 125 = 36562,5 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٢)} &= \frac{320 + 270}{2} \times 125 = 37500,0 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٢)} &= \frac{200 + 320}{2} \times 125 = 32812,5 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{المجموع} &= 138750 \text{ متراً مربعاً} \end{aligned}$$

مساحة المضلع الداخلي

$$\begin{aligned} \text{شبه المنحرف (٥)} &= \frac{50 + 200}{2} \times 50 = 6250,0 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٦)} &= \frac{110 + 50}{2} \times 135 = 11137,5 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٧)} &= \frac{70 + 110}{2} \times 115 = 10350,0 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{شبه المنحرف (٨)} &= \frac{200 + 70}{2} \times 260 = 26000,0 \text{ متراً مربعاً} \\ \text{المجموع} &= 54237,5 \text{ متراً مربعاً} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{مساحة المنطقة} = 138750 - 54237,5 = 84512,5 \text{ متراً مربعاً}$$

وهي نفس النتيجة السابق الحصول عليها في الحالة الأولى.

ثالثاً : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بمنحنيات :

يمكن حساب مساحة هذا النوع من الأشكال بواسطة عدة طرق مختلفة
وطريقة العمل فيها واحدة وتتلخص في رسم خط في الاتجاه الطولي للشكل

كمحور يقطع حدية، هذا إذا لم يكن فى الشكل حد مستقيم فى اتجاهه الطولى. ثم يقسم هذا المحور إلى أقسام متساوية ثم إقامة أعمدة على هذا المحور لتصل بين أطراف الشكل. وكلما صغرت المسافة بين الأعمدة أو بمعنى آخر كلما كثر عدد الأجزاء المقسم إليها المحور، كلما كانت النتيجة أكثر دقة. ثم نحسب مساحة هذا النوع من الأشكال باتباع إحدى الطرق التالية:

١ - طريقة الارتفاع المتوسط :

وهى أقل دقة فى نتائجها، وتستعمل فى العمليات السريعة التقريبية فحسب المساحة على أساس متوسط طول الأعمدة (جمع أطوال الأعمدة وقسمتها على عددها) مضروباً فى طول المحور (ويساوى عدد الأقسام \times طول كل قسم).

وفرض أن :

ن = عدد أقسام المحور، س = طول القسم الواحد من أقسام المحور.

١ع = طول العمود الأول ، ٢ع = طول العمود الثانى .

١ع+ن = طول العمود الأخير ، ن + ١ = عدد الأعمدة .

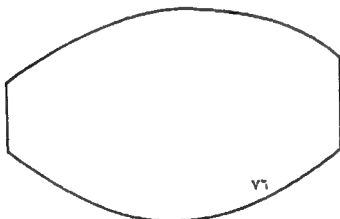
(ذلك لأن عدد الأعمدة يزيد دائماً بواحد على عدد الأقسام).

ع ن = طول العمود قبل الأخير .

$$\text{ف تكون مساحة الشكل} = \text{ن} \times \text{س} \times \frac{١ع + ٢ع + ٣ع + \dots + ١ع + \text{ع ن}}{\text{ن} + ١}$$

مثال :

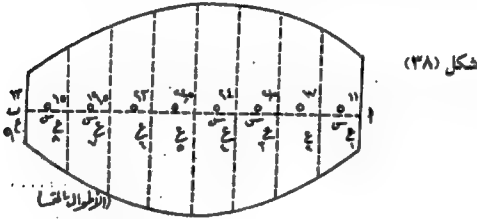
أوجد مساحة الشكل الآتى (رقم ٣٧) على الطبيعة، علماً بأن مقياس الرسم المرسوم به هو ١ : ٥٠٠ .



شكل (٣٧)

طريقة الإجابة :

نبدأ أولاً : برسم المحور أ ب ونقسمه إلى عدد من الأقسام المتساوية وإقامة أعمدة على هذا المحور من نقط التقسيم ثم قياس أطوال الأعمدة ويستحسن أن يكون القياس حسب مقياس الرسم مباشرة حتى يمكن إيجاد المساحة مباشرة على الطبيعة بالمتر المربع. ويكتب على كل عمود طوله كما في الشكل رقم (٣٨).
وتطبيق القانون السابق ذكره تكون مساحة الشكل.



$$= 8 \times 5 \times \frac{13 + 15 + 19.5 + 23 + 24.5 + 21.5 + 17 + 11}{8}$$

$$= 8 \times 5 \times \frac{168.5}{8} = 748.9 \text{ متراً مربعاً}$$

٢ - طريقة أشباه المنحرفات :

ويفضل استعمال هذه الطريقة إذا كانت حدود الشكل بين الأعمدة قريبة من الخطوط المستقيمة فتعطي في هذه الحالة نتائج جيدة. أما إذا كانت الحدود منحنية بعيداً عن المحور فتعطي نتائج أقل من الحقيقة، وإذا كانت الحدود مقعرة ناحية المحور فإن المساحات الناتجة تكون أكبر من الحقيقة. وتحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتيه هما العمودين وارتفاعه هو عرض الأقسام المشتركة.

فتكون مساحة القسم الأول = $(ع_١ + ع_٢)$

وتكون مساحة القسم الثاني = $(ع_٣ + ع_٤)$ وهكذا ...

ومساحة القسم الأخير = $(ع_٨ + ع_٩)$

وبجمع مساحات جميع الأقسام ينتج لنا القانون الآتي :

مساحة الشكل = $\frac{ع}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف مجموع باقى الأعمدة)

$$= \frac{ع}{٣} \{ (ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤ + ع_٥ + ع_٦ + ع_٧ + ع_٨ + ع_٩) \}$$

أى أن مساحة الشكل فى المثال السابق :

$$= \frac{١١}{٣} [(١٥ + ١٩,٥ + ٢٣ + ٢٤,٥ + ٢٤ + ٢١,٥ + ١٧) + ٢ + ١٣] =$$

$$٢,٥ = [(١٤٤,٥ \times ٢) + ٢٤] ٨٧٢,٥ = \text{متراً مربعاً}$$

٣ - طريقة قانون سمبسون :

وهى أدق الطرق على الإطلاق إذا كانت حدود الشكل عبارة عن منحنيات، وتزيد دقتها عن الطريقة الأولى (طريقة الارتفاع المتوسط) إذا زاد إنحناء الحدود الخارجية للشكل بين كل عمودين متتالين. وفى هذه الطريقة تحسب المساحة على أساس أن حدود الشكل بين كل ثلاثة أعمدة متتالية عبارة عن قطع مكافئ وقد اشتق القانون على هذا الأساس :

مساحة الشكل = $\frac{\text{طول القسم المشترك}}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير +

ضعف مجموع الأعمدة الفردية + أربعة أضعاف مجموع الأعمدة الزوجية)

$$= \frac{ع}{٣} \{ (ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤ + ع_٥ + ع_٦ + ع_٧ + ع_٨ + ع_٩) + ٤(ع_٢ + ع_٤ + ع_٦ + ع_٨) + ٢(ع_١ + ع_٣ + ع_٥ + ع_٧ + ع_٩) \}$$

فتكون مساحة الشكل فى المثال السابق حسب قانون سمبسون.

$$= \frac{١١}{٣} [(١٥ + ٢٣ + ٢٤ + ١٧) + ٤(١٩,٥ + ٢٤,٥ + ٢١,٥) + ٢(١١ + ١٣)] =$$

$$٧٨٥ = [(٣١٦ + ١٣١ + ٢٤) \times ٢] ٧٨٥ = \text{متراً مربعاً}$$

ويراعى عند تطبيق هذا القانون الشروط الآتية :

* أن يكون عدد الأقسام زوجياً وبالتالي يكون عدد الأعمدة فردياً. فإذا كان عدد أقسام الشكل فردياً يؤخذ القسم المتطرف وتحسب مساحته على حدة ويطبق القانون على باقى الأقسام الزوجية ثم تجمع المساحات.

* عند ترتيب الأعمدة لمعرفة الأعمدة الفردية والزوجية، تبدأ بالعمود الأول فيعتبر فردياً، يليه العمود الثانى الذى يعتبر زوجياً وهكذا فى باقى الأعمدة حتى العمود الأخير. وإذا كان المنحنى الذى يمثل حدود الشكل يبدأ من بداية المحور فيعتبر طول العمود الأول صفراً، كذلك إذا كان المنحنى ينتهى مع نهاية المحور فيعتبر العمود الأخير ويكون طوله صفراً.

* عند جمع الأعمدة الفردية فى القانون لا يؤخذ العمودين الأول والأخير فى الاعتبار.

حالة خاصة لقانون سمبسون :

إذا كان عدد أقسام الشكل ثلاثة فقط كما فى الشكل رقم (٣٩) فلا يحذف قسم كما سبق الذكر فى الشروط الواجب توافرها عند تطبيق القانون وإنما يستعمل القانون الآتى :



$$\text{المساحة} = \frac{E^3}{8} + E^2 + \frac{E}{4}$$

٤ - طريقة قانون دوراند :

شكل رقم (٣٩)

وهو فى دقة قانون سمبسون تقريباً.

$$\text{المساحة} = E \left[0.4 + \frac{E}{1+0.1} + \frac{E}{1+0.1} + \frac{E}{1+0.1} + \frac{E}{1+0.1} \right]$$

حيث ٠,٤ ، ١,١ معامل ثابت

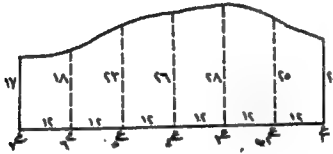
وتكون مساحة الشكل تبعاً لهذا القانون :

$$22 + 21,5 + (15 + 17) 1,1 + (13 + 11) 0,8] 5 =$$

$$[19,5 + 23 + 24,5 +$$

$$786,5 = [112,5 + 25,2 + 9,6] 5 =$$

مغال :



شكل (٤٠)

المطلوب إيجاد مساحة الشكل الأتي رقم (٤٠) بكل من الطرق الأربعة السابق ذكرها، علماً بأن الأطوال المكتوبة على الأعمدة والمحدد بالمت.

طريقة الإجابة :

١ - بطريقة الإرتفاع المتوسط :

$$\frac{1,8 + 2,8 + 3,8 + 4,8 + 5,8}{1 + 5} \times 5 \times 6 = \text{المساحة}$$

$$\frac{17 + 18 + 23 + 26 + 28 + 25 + 20}{7} \times 12 \times 6 =$$

$$= 1614,57 \text{ متراً مربعاً}$$

٢ - بطريقة أشباه المنحرفات :

$$\frac{1}{2} [1,8 + 5,8 + 2(2,8 + 3,8 + 4,8 + 5,8)] + \frac{1}{2} [17 + 20 + 2(18 + 23 + 26 + 28 + 25)] \times \frac{12}{2} =$$

$$= 1662 \text{ متراً مربعاً}$$

٣ - بطريقة قانون سمبسون :

$$\text{المساحة} = \frac{h}{3} [x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10}]$$

$$= \frac{12}{3} [(18 + 26 + 20) + (23 + 28) + 17 + 20]$$

$$= 1660 \text{ متراً مربعاً}$$

٤ - بطريقة قانون دورانل :

$$\text{المساحة} = \frac{h}{3} [x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10}]$$

$$= \frac{12}{3} [18 + 26 + 20 + (23 + 28) + 17 + 20]$$

$$= 1669,2 \text{ متراً مربعاً}$$

رابعاً : مساحة الأشكال ذات الحدود المتعرجة:

نجد في بعض الأحيان أن حدود الشكل المراد معرفة مساحته كثيرة التعاريج بحيث لا يمكن إعتبارها خطوطاً منحنية. وقد يتملص عمل مضلع مناسب لو تتبعنا اتجاهات الحدود. وفي هذه الحالة تستخدم إحدى الطرق الآتية لإيجاد مساحة الأشكال المتعرجة غير المنتظمة. وهذه الطرق تتفاوت في دقتها نظراً لأنها تعتمد إلى حد كبير على التقدير الشخصي في بعض الحالات.

١ - طريقة الحذف والإضافة :

وهي طريقة تقريبية وتقل دقتها كلما كثرت التعاريج، وإذا كان العمل دقيقاً في إضافة وحذف المساحات فإنها تعطى نتائج لا بأس بها.

وتتلخص هذه الطريقة في تحويل الشكل ذي الحدود المتعرجة إلى شكل آخر

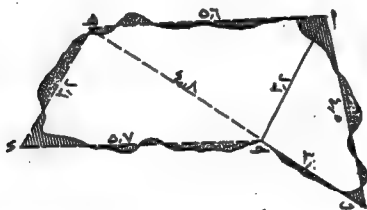
مكافئ له في المساحة عن طريق رسم خطوط مستقيمة بطريقة تضيف إلى الشكل مساحات تكافئ المساحات التي تفصلها عنه كما في الشكل رقم (٤٢) فنتحول بذلك حدود الشكل إلى حدود مستقيمة مما يسهل إيجاد مساحته بإحدى الطرق السابق ذكرها كتقسيمها إلى مثلثات وأشياء منحرفات حسبما يتفق وشكل الأرض المراد إيجاد مساحتها. ويراعى عند رسم الخطوط المستقيمة أن تكون أقرب ما يمكن لحدود الشكل الأصلي.

مثال :



شكل (٤١)

الشكل رقم (٤١) عبارة عن حدود بحيرة تظهر في خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠ والمطلوب معرفة مساحتها.



شكل (٤٢) طريقة الحذف والإضافة

$$\begin{aligned} & \text{مساحة المثلث أ ب ج} \\ & \frac{٣.٢ + ٣ + ٤.٥}{٢} = ح \\ & ٥.٣٥ = ح \\ & \therefore \text{مساحته} = \sqrt{ح(ح-أ)(ح-ب)(ح-ج)} \end{aligned}$$

$$(3 - 0,35) (3,2 - 0,35) (4,5 - 0,35) 0,35 \checkmark =$$

$$2,35 \times 2,15 \times 0,85 \times 0,35 \checkmark =$$

$$2 \text{ سم } 4,79 = 22,976 \checkmark =$$

$$\text{ومساحة المثلث جـ هـ د : ح} = \frac{0,7 + 2,2 + 4,8}{2} = 7,85 \text{ سم}$$

$$(0,7 - 7,85) (3,2 - 7,85) (4,8 - 7,85) 7,85 \checkmark =$$

$$2 \text{ سم } 7,67 = 58,9434 \checkmark =$$

$$\text{ومساحة المثلث أ جـ هـ : ح} = \frac{0,7 + 4,8 + 2,2}{2} = 7,8 \text{ سم}$$

$$(0,7 - 7,8) (4,8 - 7,8) (3,2 - 7,8) 7,8 \checkmark = \therefore \text{مساحته}$$

$$2 \text{ سم } 7,66 = 58,752 \checkmark =$$

فتكون مساحة الشكل الكلية

$$2 \text{ سم } 20,17 = 7,66 + 7,67 + 4,79 =$$

$$\text{ومساحته على الطبيعة} = \text{مساحة الشكل على الخريطة} \times \left[\frac{1}{\text{مقياس الرسم}} \right]^2$$

$$= \left[\frac{1}{250} \right]^2 \times 20,17 =$$

$$2 \text{ سم } 1257500 = 250 \times 250 \times 20,17 =$$

$$= 125,75 \text{ متر مربع.}$$

٢ - طريقة المربعات :

وهي طريقة تقريبية أيضاً وإن كانت أدق من الطريقة السابقة، وكلما صغر طول ضلع المربع في الشبكة، كلما كانت المساحة الناتجة أقرب للحقيقة.

وتتمثل هذه الطريقة في إنشاء شبكة من المربعات على ورقة شفاف أو

٣ - طريقة الخطوط المتوازية :

وهي أدق من الطريقتين السابقتين وتزداد دقتها كلما تقاربت الخطوط المتوازية وكلما كانت أطراف الشكل أقل تعرجاً. ولإيجاد مساحة أى شكل متعرج الحدود بهذه الطريقة، يغطى الشكل بمجموعة من الخطوط المتوازية التي تمتد قاطعة حدوده، مع مراعاة أن تكون المسافات بين هذه الخطوط المتوازية ثابتة ومتساوية. ثم يحول كل قسم من الشكل محصور بين خطين متوازيين إلى مستطيل مكافئ له فى المساحة عن طريق رسم لإرتفاعين عموديين على الخطوط المتوازية بحيث يراعى عند رسمهما أنهما يحددان أجزاء من هذا القسم بقدر الأجزاء التي يضيفانها إليه كما فى الشكل رقم (٤٤).



ولإيجاد مساحة الشكل تجمع أطوال المستطيلات كلها ثم تضرب \times المسافة المتساوية بين كل خطين متوازيين :

طول المستطيل الأول ٥,٨ سم

طول المستطيل الثانى ٧,٣ سم

طول المستطيل الثالث ٧,٢ سم

طول المستطيل الرابع ١,٢ سم

طول المستطيل الأول ٥,٨ سم

إرتفاع كل مستطيل ١ سم

$$\therefore \text{مساحة الشكل} = (١,٢ + ٧,٢ + ٧,٣ + ٥,٨) \times ١ = ٢١,٥ \text{ سم}^2$$

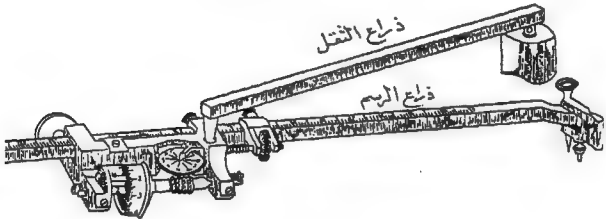
$$\text{ومساحته على الطبيعة} = ٢١,٥ \times \frac{٢٥٠ \times ٢٥٠}{١٠٠ \times ١٠٠} = ١٣٤,٤٧٥ \text{ متراً مربعاً}$$

المطرق الآلية لإيجاد المساحات

أولاً : البلاييمتر العادى :

ويستخدم فى إيجاد مساحة الأشكال المحددة بخطوط متعرجة مباشرة ويتركب من الأجزاء الآتية شكل رقم (٤٥) .

١ - ذراع التخطيط أو ذراع الرسم Tracar bar ، مقسم إلى أجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم إلى أجزاء أخرى فرعية (فى معظم أنواع البلاييمترات ١٠ أقسام وفى البعض الآخر ٢٠ قسماً) ، وفى نهاية الذراع سن صلب يسمى الراسم (أ) بجواره مسمار أملس القاعدة (ب) يتركز على الورق ويمكن بواسطته رفع سن الراسم قليلاً عن سطح الورقة فلا تلتفها أثناء الإستعمال ومركب به أيضاً مقبض (ج) حر الحركة حتى يمكن تحريك سن الراسم فوق الشكل بكل سهولة .

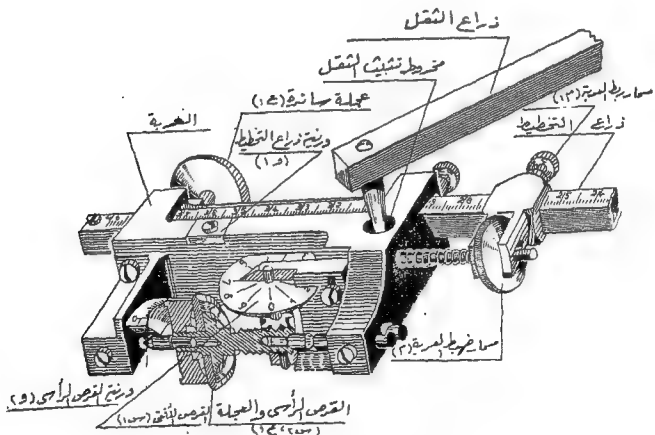


شكل (٤٥) البلاييمتر

٢ - العربة Carraige ، وتنزلق على ذراع التخطيط وتثبت به أولاً بواسطة المسمار (م) ونهائياً بالمسمارين (م) ، (م). أما المسمار المحورى (م) فيستعمل لتحريك بامى جسم العربة على ذراع التخطيط حركة بطيئة حتى يتم ضبط الورنية (و) - المثبتة فى العربة أمام ذراع التخطيط - على الرقم المطلوب على ذراع التخطيط ، (ع) عجلة عمودية على العجلة (ع) المثبتة فى القرص الرأسى ووظيفتهما رفع جسم الجهاز عن اللوحة بالإضافة إلى أن حركة العجلة (ع) تساعد فى إيجاد مساحة الشكل .

وبالعربة قرص أفقى (س) مقسم إلى عشرة أقسام وآخر رأسى (س) مثبت بالعجلة (ع) مقسم إلى عشرة أقسام رئيسية كل منها مقسم إلى عشرة أقسام أصغر، ومثبت أمامه وزنية (و) دقتها $\frac{1}{10}$ من أصغر قسم فى القرص الرأسى والشكل رقم (٤٦) يوضح جسم العربة والأجزاء السابق ذكرها.

٣ - ذراع الشقل Weight bar ، وينتهى أحد طرفيه بمخروط (ط) يدخل الثقب المخصص له فى العربة ويوجد فى طرفه الآخر ثقل (ق) مثبت فى منتصف أسفله لإبرة صلب لتثبيت الثقل على اللوحة بينما تتحرك باقى أجزاء البلاينيمتر حول هذا المركز.



شكل (٤٦) عربة البلاينيمتر

٤ - جدول مثبت بعلبة الجهاز مكون من أربعة أقسام كما هو موضح فى الجدول الآتى لأحد أنواع البلايتمترات.

نوع الجهاز Reiss رقم الجهاز 8607

Scale مقياس الرسم	Setting of Tracing Arm الطول على ذراع التخطيط	One unit represents معامل الوحدة البلايتمترية (مساويه الوحدة)	Constant ثابت الجهاز
1 : 1	100	Actual على الطبيعة to scale على الخريطة 10 mm ² 10 mm ²	2303
1 : 500	80.15	8 mm ² 2 m ²	
1 : 2000	50.40	5 mm ² 20 m ²	
1 : 5000	40.45	4 mm ² 100 m ²	

والقسم الأول من هذا الجدول خاص بمقياس الرسم ومدون به بعض المقاييس الشائعة الإستعمال، والقسم الذى يليه خاص بطول ذراع التخطيط المقابل لكل مقياس من هذه المقاييس. أما القسم الثالث فجزء منه يبين قيمة الوحدة البلايتمترية بالتر المربع على الطبيعة مباشرة طبقاً لمقياس الرسم المستعمل، والجزء الثانى يبين قيمة هذه الوحدة البلايتمترية بالمليمتر المربع على الخريطة (أو بالسنتيمتر المربع فى بعض الأجهزة). أما القسم الرابع فمبين فيه الثابت البلايتمترى فيما لو استخدم الجهاز والثقل خارج الشكل.

إستعمال الجهاز :

١ - يضبط صفر الورنية (و) على ذراع التخطيط طبقاً لما هو مبين فى الخانة الثانية من الجدول أمام مقياس الرسم المستعمل (مقياس رسم الخريطة).

٢ - يوضع الجهاز بحيث يكون من الراسم في وسط الشكل تقريباً وبحيث يكون ذراع التخطيط عمودياً تقريباً على ذراع تثقل ويكون الثقل خارج الشكل مع مراعاة أنه يمكن المرور بين الراسم حول الشكل بكل سهولة.

٣ - يوضع من الراسم عند نقطة البداية ثم تقرأ القراءة الأولى على القرص الأفقي الذي يقرأ آلاف الوحدات والقرص الرأسى المثبت بالعجلة وتبين عليه الأقسام الكبرى مئات الوحدات وكل منها مقسم إلى أجزاء أصغر تقرأ إلى عشرات الوحدات، أما الورنية المثبتة أمام القرص الرأسى فتعين أرقام الآحاد.

٤ - يمرر من الراسم حول حدود الشكل من نقطة البداية وفي اتجاه عقرب الساعة حتى ينتهى إليها ثانية. ثم تقرأ القراءة الثانية فيكون الفرق بين القراءتين (الثانية - الأولى) هي المساحة البلايتمترية.

٥ - تكرر هذه العملية مرة أخرى ويؤخذ متوسط المساحة البلايتمترية حتى يكون العمل أكثر دقة وكلما تكررت هذه العملية كلما زادت الدقة.

٦ - تضرب المساحة البلايتمترية في المعامل الخاص بها في الخانة الثالثة من الجدول فتنتج مساحة الشكل إما بالأمتار المربعة أو بالمليمترات المربعة حسب المطلوب.

وإذا كان الشكل المطلوب لإيجاد مساحته كبيراً فيمكن تقسيمه إلى عدة أجزاء وإيجاد مساحة كل جزء على حدة، وذلك حتى يمكن تلافي إستخدام طريقة أخرى للعمل بالبلايتمتر، وفيها يوضع الثقل داخل الشكل، نظراً لأنها أقل دقة وعرضة للخطأ. وفي حالة إستعمال هذه الطريقة (الثقل داخل الشكل) يجرى الآتى:

١ - بعد تثبيت الثقل في مكان متوسط داخل الشكل وبعد ضبط صفر الورنية على ذراع التخطيط طبقاً لمقياس الرسم يوضع من الراسم عند نقطة البداية على حافة الشكل تؤخذ القراءة الأولى.

٢ - يحرك سن الراسم على حافة الشكل وفى إتجاه عقرب الساعة ويلاحظ ما إذا كانت قراءة الأقراص تتزايد أو تتناقص ، حتى يصل سن الراسم إلى نقطة البداية.

فتكون مساحة الشكل :

$$أ - فى حالة تزايد القراءة = [العدد الثابت + (القراءة الثانية - الأولى)] \times \text{المعامل}$$

ب - فى حالة تناقص القراءة = [العدد الثابت - (القراءة الأولى - الثانية)] \times \text{المعامل}

فمثلاً عند إيجاد مساحة قطعة أرض بالبلاييمتر (والثقل داخلها) كانت القراءة الأولى ١٥٦٧ والثانية ٦٩٦٢ ، فإذا كان معامل الوحدة البلاييمترية ٠,٨ م^٢ والعدد الثابت ٢١٣٠٠ فما مساحة هذه الأرض ؟

طريقة الإجابة :

نلاحظ أن القراءة متزايدة ، وتطبق القانون (أ) السابق ذكره

$$\text{تكون مساحة الشكل} = [٢١٣٠٠ + (٦٩٦٢ - ١٥٦٧)] \times ٠,٨$$

$$= ٢١٣٥٦,٨ \text{ متراً مربعاً}$$

مثال آخر :

عند إيجاد مساحة شكل ما بالبلاييمتر كانت قراءته الأولى صفر والثانية ٧٣٢٥ ، فإذا كان الثقل داخل الشكل والقراءة متناقصة ، فما مساحته ؟ .. علماً بأن الثابت ١٨٤٠٠ والمعامل ٠,٨ م^٢ .

طريقة الإجابة :

بما أن القراءة متناقصة فيستخدم القانون الثانى (ب) مع اعتبار أن القراءة الأولى = ١٠٠٠٠ لأنها تناقصت إلى ٧٣٢٥ .

$$\text{مساحة الشكل} = [١٨٤٠٠ - (٧٣٢٥ - ١٠٠٠٠)] \times ٠,٨$$

$$= ١٢٥٨٠ \text{ م}^٢ = ١٢٥,٨ \text{ سم}^٢$$

وفى بعض الأحيان قد يكون مقياس رسم الخريطة ليس مذكوراً ضمن مقاييس الرسم الموجودة بجدول البلاتيمتر. وفى هذه الحالة نختار مقياساً من المقاييس الموجودة فى الجدول مقارباً لمقياس رسم الخريطة ونأتى بمساحة الشكل بفرض أنه مرسوم بهذا المقياس المستعمل بالبلاتيمتر.

وتكون مساحة الشكل الحقيقية :

$$= \text{مساحته بالمقياس المستعمل} \times \left[\frac{\text{المقياس المستعمل}}{\text{المقياس الحقيقى}} \right]^2$$

فمثلاً إذا كان مقياس رسم الخريطة المرسوم عليها حدود قطعة أرض هو ١ : ٣٠٠٠. ولما كان هذا المقياس غير موجود بجدول البلاتيمتر، فقد استخدم مقياس ١ : ٥٠٠٠ وكان الشغل خارج حدود قطعة الأرض. وكانت القراءة الأولى ٢٣١٥ والثانية ٤٦٣٣ فما مساحتها بالأفدنة إذا كان معامل هذا المقياس ٠,٤ م^٢.

طريقة الإجابة :

فى هذه الحالة نأتى أولاً بمساحة الشكل بفرض أن الخريطة مرسومة بالمقياس الذى إستعملناه بالبلاتيمتر (١ : ٥٠٠٠) فتكون مساحته طبقاً للمقياس المستعمل :

$$= (٢٣١٥ - ٤٦٣٣) \times ٠,٤ = ٩٢٧,٢ \text{ متر}^2$$

$$\text{وتكون المساحة الحقيقية} = ٩٢٧,٢ \times \left[\frac{\frac{1}{5000}}{\frac{1}{3000}} \right]^2$$

$$= ٩٢٧,٢ \times \left[\frac{3000}{5000} \right]^2 = ٣٣٣,٧٩٢ \text{ متر}^2$$

وتكون مساحته بالأفدنة كالآتى :

* مساحة هذه الأرض أقل من فدان [الفدان ٨٣,٤٢٠٠ متر^٢]
 * تقسم المساحة الحقيقية على ١٧٥,٠٣٥ متر^٢ (= ١ قيراط) بحيث يكون الناتج رقماً صحيحاً ويؤخذ الباقي ليقسم على ٧,٣ متر^٢ (= ١ سهم) كالآتي:

$$٣٣٣,٧٩٢ \div ١٧٥,٠٣٥ = ١ \text{ قيراط ويتبقى } ١٥٨,٧٥٧ \text{ متر}^٢$$

$$١٥٨,٧٥٧ \div ٧,٣ = ٢١,٧٤٨ \text{ سهم}$$

ف	ط	س	
٠٠	٠١	٢١,٧٥	أى أن مساحة هذه القطعة =

ثانياً : البلاتيمترات الرقمية :

مع تقدم التقنية فى الآلات الحديثة، ظهرت فى الآونة الأخيرة أنواع حديثة من البلاتيمترات تحتوى على أنظمة إلكترونية تتيح لها القيام بالمعاملات الرياضية بسرعة وإعطاء النتيجة على شاشة رقمية. وهى نوعان.

١ - البلاتيمتر ذو القطب :

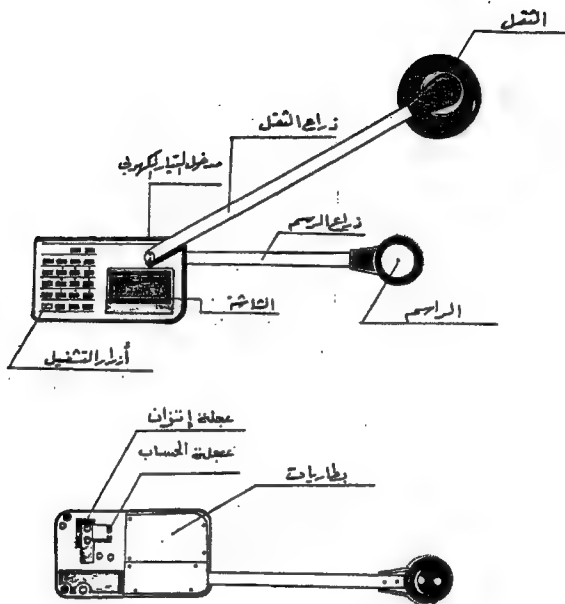
ويشبه البلاتيمتر العادى (الذى سبق دراسته) من حيث الأجزاء والتركيب وطريقة العمل ويتركب من الأجزاء التالية شكل رقم (٤٧) :

١ - ذراع الرسم Tracer arm وينتهى طرفه بعدسة فى مركزها نقطة للمرور بها على حدود الشكل Tracing magnifier ومثبت فى طرفه الآخر العربة وهى ثابتة (بعكس البلاتيمتر العادى حيث تنزلق العربة على ذراع التخطيط).

٢ - العربة وبأسفلها عجلة Integrating Wheel تساعد فى إيجاد مساحة الشكل وفى جانب العربة مدخل للتيار الكهربى Plug لشحن بطاريات التشغيل وفى السطح العلوى للعربة شاشة رقمية Display وفتحة لوضع طرف ذراع الثقل بالإضافة إلى « أزرار » التشغيل.

٣ - ذراع الشقل Pole arm وينتهى أحد طرفيه بمخروط يدخل فى الثقب المخصص له فى العربة وينتهى طرفه الآخر بثقل يمثل القطب الذى يتحرك حوله البلاتيمتر.

٤ - جدول موضع به مقاييس الرسم ومعامل الوحدة البلاتيمترية.

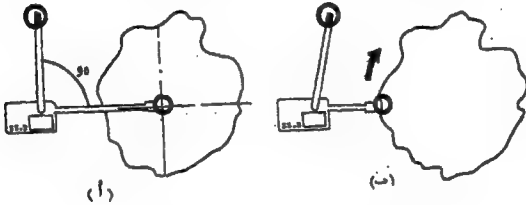


شكل (٤٧) البلاييمتر الرقمي ذو القطب (السطح العلوى والسفلى)

ولتختلف خطوات العمل بهذا الجهاز عن البلاييمتر العادى التى سبق شرحه فيمكن إيجاد المساحة عن طريق وضع الثقل خارج الشكل أو وضعه داخل الشكل. وفى الحالة الأولى يجب وضع الجهاز على شكل زاوية قائمة وسن الراس فى مركز الشكل. ثم المرور بالسنة على حدود الشكل فى اتجاه عقرب الساعة،

شكل رقم (٤٨ أ ، ب). أما أوجه الاختلاف فتتمثل فيما يلي :

- * ثبات العربة في ذراع التخطيط.
- * ظهور القراءات على الشاشة الرقمية (بدلاً من قراءة الأقراص والورنيات).
- * بالجهاز ذاكرة Memory لتخزين القراءات وجمعها ثم قسمتها على عدد المحاولات كما ستوضح فيما بعد.
- * يتميز هذا النوع بالتوسع المنطقة التي يمكن إيجاد مساحتها، إذ يصل قطرها إلى ٣٠ سم عندما يكون الشغل خارج الشكل و ٨٠ سم عندما يكون داخل الشكل.



شكل (٤٨ أ) ضبط البلاتيمتر في وسط الشكل

(ب) إتجاه حركة من الراسم عند العمل

٢ - البلاتيمتر حراً الحركة :

وهو أحدث من النوع السابق ذكره. ويتميز عنه بأن الجهاز كتلة واحدة ويمكن إيجاد أى مساحة مهما كبرت رقمتها على الخريطة. وتركب الجهاز من: انظر شكل رقم (٤٩).

١ - القضيب Ruller عبارة عن محور معدني بطرفيه بكرتان إتجاه حركتهما متوازيان تماماً. وفي منتصفه كتلة مثلثة تنتهى بمفصل مثبت بالعربة.

٢ - العربة وتشبه فى شكلها العام العربة التى سبق وصفها فى البلاتيمتر ذو القطب كما أن بها نفس أزرار التشغيل وهى :

ON زر إدخال التيار الكهربى.

OFF زر فصل التيار الكهربى

CIAC زر المسح بضغطه مرة واحدة فإنه يححو الأرقام الموجودة على الشاشة الرقمية و يضغطه مرتين تسمى الذاكرة.

START زر بدء التشغيل للقياس وعند الضغط عليه تصبح القراءة على الشاشة صفراً ويصبح الجهاز معداً للعمل في القياس.

HOLD زر تثبيت القراءة. عند الضغط عليه (بعد نهاية العمل) تثبت القراءة على الشاشة ولا تتغير حتى لو تحرك الجهاز.

MEMO زر الذاكرة : بالضغط عليه بعد إنتهاء العمل تخزن القراءة الموجودة على الشاشة في الذاكرة.

AVER زر المتوسط عند الضغط عليه فإنه يحسب متوسط القراءات حسب عدد المحاولات التي أجريت.

٣ - ذراع الرسم وهو ثابت في الطرف الأمامي للعبة.

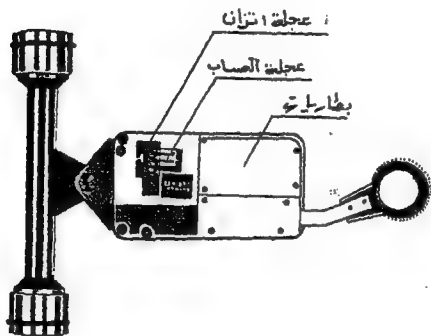
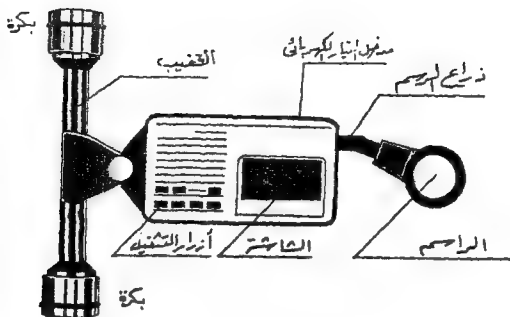
٤ - جدول موضح به مقاييس الرسم ومعامل الوحدة البلايتمترية كما يلي لأحد أنواع البلايتمترات.

نوع الجهاز Placom KP-82 (بلايتمتر ذو القطب)

و Placom KP-92 (بلايتمتر حر الحركة)

In Matric System. النظام المتري (الفرنسي)

معامل الوحدة البلايتمترية		مقياس الرسم	
Unit-area constant	Reduced scale	Unit-area constant	Reduced scale
0.1 Cm ²	1 : 1	10 m ²	1 : 1000
0.1 m ²	1 : 100	62.5 m ²	1 : 2500
0.4 m ²	1 : 200	250 m ²	1 : 5000
0.625 m ²	1 : 250	1000 m ²	1 : 10000
0.9 m ²	1 : 300	6250 m ²	1 : 25000
2.5 m ²	1 : 500	0.025 Km ²	1 : 50000
3.6 m ²	1 : 600		



شكل (٤٩) الهاليمتر حر الحركة (من أعلى ومن أسفل)

النظام الإنجليزي. In English System.

مقياس الرسم	معامل الوحدة البلاطية	مقياس الرسم	معامل الوحدة البلاطية
Reduced scale	Unit-area constant	Reduced scale	Unit-area constant
1 in : 1 in (1 : 1)	0.02 in ²	1 in : 20 yd (1 : 720)	8 yd ²
1 in : 1 ft (1 : 12)	0.2 ft ²	1 in : 25 yd (1 : 900)	12.5 yd ²
1 in : 10 ft (1 : 120)	2 ft ²	1 in : 30 yd (1 : 1080)	18 yd ²
1 in : 20 ft (1 : 240)	8 ft ²	1 in : 40 yd (1 : 1440)	32 yd ²
1 in : 25 ft (1:300)	12.5 ft ²	1 in : 50 yd (1800)	50 yd ²
1 in : 40 ft (1:480)	32 ft ²	1 in : 60 yd (1 : 2880)	128 yd ²
1 in : 50 ft (1:600)	50 ft ²	1 in : 100 yd (1 : 3600)	200 yd ²
1 in : 80 ft (1:960)	128 ft ²	1 in : 1/4 mile (1 : 15840)	0.8 acre
1 in : 100 ft (1:1200)	200 ft ²	1 in : 1/2 mile (1 : 31680)	3.2 acre
1 in : 1 yd (1 : 36)	0.02 yd ²	1 in : 3/4 mile (1 : 47520)	7.2 acre
1 in : 10 yd (1 : 360)	2 yd ²	1 in : 1 mile (1 : 63360)	12.8 acre

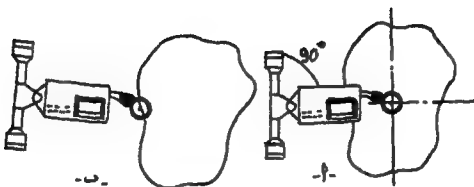
إستعمال الجهاز :

(أ) لإيجاد مساحة شكل بتكرار المحاولة عدة مرات :

١ - يوضع الجهاز بحيث يكون مركز العدسة في وسط الشكل تقريباً وبحيث يكون القضيب عمودياً على العربة شكل رقم (٥٠ - أ).

٢ - نضغط على زر إدخال التيار الكهربى، يظهر على الشاشة رقم صفر (0).

٣ - نحرك العدسة حتى يصبح مركزها عند نقطة البداية شكل رقم (٥٠ - ب) ثم نضغط على زر التشغيل فيظهر على الشاشة رقم صفر (0) ثم نتتبع حدود الشكل المراد إيجاد مساحته في اتجاه عقرب الساعة حتى تنتهى إلى نقطة البداية، نقرأ القراءة المدونة على الشاشة.



شكل (٥٠) (أ) ضبط البلاتيمتر في وسط الشكل

(ب) إتجاه حركة سن الراسم عند القياس

- ٤ - نضغط على زر الذاكرة لتخزينها وتصبح القراءة على الشاشة صفراً مرة أخرى.
- ٥ - نقوم بالمحاولة الثانية مباشرة حتى تنتهي إلى نقطة البداية فنظهر قراءة جديدة على الشاشة (قد تكون أقل أو أكبر من القراءة السابقة) ثم نضغط على زر الذاكرة فتخزن هذه القراءة.
- ٦ - نكرر هذه المحاولات حسب الرغبة والدقة المطلوبة والتي يمكن إجراؤها عشر مرات.
- ٧ - في حالة ما إذا كانت إحدى المحاولات خاطئة بدليل أن الرقم الناتج أكبر أو أقل بكثير من الأرقام السابق قراءتها فيمكن الضغط على زر المحو مرة واحدة فتصحى هذه المحاولة فقط، أما إذا تكرر الضغط فإن القراءات المخزونة بالذاكرة تمحى كذلك.
- ٨ - في النهاية ولايجاد المتوسط نضغط على زر المتوسط فيعطينا متوسط القراءات بالنسبة لعدد المحاولات.
- ٩ - تضرب المساحة البلاتيمترية الناتجة في المعامل الخاص بها حسب مقياس رسم الخريطة فنحصل على المساحة بالأمتار المربعة.
ونوضح فيما يلي مثالا لطريقة القياس في خمس محاولات.

Operation	Display	Remarks
START	0	
First measurement	MEMO 451	First result
MEMO	MEMO 0	
Second measurement	MEMO 539	Second result
MEMO	MEMO 0	
Third measurement	MEMO 538	Third result
MEMO	MEMO 0	
Fourth measurement	MEMO 540	Fourth result
MEMO	MEMO 0	
Fifth measurement	MEMO 542	Fifth result
MEMO	MEMO 0	
AVER	MEMO 540	Mean value of 5 times measurements

(ب) في حالة إيجاد مساحة عدة أشكال منفصلة :

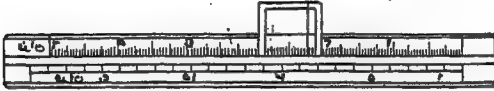
- ١ - نضع الجهاز على الشكل الأول (الخطوات ١، ٢، ٣ السابق ذكرها).
- ٢ - نضغط على زر التثبيت فتثبت القراءة الناتجة بالنسبة للشكل الأول.

- ٣ - نحرك العدسة إلى الشكل الثاني حتى تصبح مركز العدسة عند العلامة المحددة لبدء القياس ثم نضغط على زر التثبيت (ضغطة واحدة فقط) ونحرك العدسة على حدود الشكل فنلاحظ تزايد القراءة حتى تنتهي إلى نقطة البداية فنضغط على زر التثبيت (ضغطة واحدة).
- ٤ - نتقل إلى الشكل الثالث ونتبع ما أجريناه في الشكل الثاني. فنلاحظ تزايد القراءة وبذلك نحصل على مساحة الأشكال الثلاثة.
- وفيما يلي مثال يوضح قياس مساحة ثلاثة أشكال.

Operation	Display	Remarks
START	0	
Measurement of first drawing	145	
HOLD	HOLD 145	Hold
Movement to the next drawing	HOLD 145	Hold state
HOLD	145	Hold release
Measurement of the second drawing	223	$145 + 78$
HOLD	HOLD 223	Hold
Movement to the next drawing	HOLD 223	Hold state
HOLD	223	Hold release
Measurement of the third drawing	427	$145 + 78 + 204$
HOLD	HOLD 427	Hold (answer)

ثالثاً : مسطرة التفدين :

وهي عبارة عن مسطرة من الخشب طولها حوالي ٦٠ سم مقسمة من اليسار إلى اليمين وفي وسطها مجرة تتلصق فيها مسطرة معدنية قطاعها كقطاع مجرى تماماً وتستعمل كورنية بحيث يكون صفرها منطبقاً على صفر المسطرة عندما تكون الورنية في نهاية مجراها جهة اليسار. ومثبت بمسطرة الورنية إطار معدني بارز عن حافة المسطرة ومثبت وسط هذا الإطار شعرة من الصلب رفيعة عمودية على حافة المسطرة ومثبتة عند صفر الورنية. (انظر شكل ٥١).



شكل (٥١) مسطرة التفدين بقياس ١ / ٢٥٠٠ ، ١٠٠٠ / ١ (مصفرة).

ومساطر التفدين الشائعة في مصر بقياس ١ / ٢٥٠٠ ، ١٠٠٠ / ١ ، نظراً لأن معظم الخرائط المساحية التفصيلية في مصر مرسومة بهما.

ولا يستعمل هذه المساطر يلزم أن تثبت ورقة شفاف أو سيلوليد فوق الشكل المراد معرفة مساحته، ومقسمة بخطوط مستقيمة متوازية ومتباعدة عن بعضها بمسافات ثابتة متساوية طبقاً لطريقة تقسيم المسطرة.

وتدرج حافة مسطرة التفدين الخاصة بقياس ١ / ٢٥٠٠ على أساس مستطيل لإرتفاعه ثمانية ملليمترات أي ٢٠ متراً على الطبيعة ومساحته فداناً واحداً أو ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً.

فيكون طول هذا المستطيل $4200,83 \div 20 = 210,04$ متراً على الطبيعة

وهذا الطول يقابله على المسطرة تبعاً لهذا المقياس طولاً قدره ٨٤,٠٢ م .

فيقسم هذا الطول إلى ٢٤ قسمًا ليكون كل منها يساوي قيراطاً وتستعمل الورنية لتعيين الأسهم ودقتها سهمان.

ويتم تدريج حافة المسطرة الخاصة بمقياس ١ / ١٠٠٠ على أساس مستطيل لإرتفاعه ثمانية مليمترات أى ثمانية أمتار على الطبيعة ومساحه فداناً واحداً.

$$\text{فيكون طول هذا المستطيل} = ٤٢٠٠,٨٣ \div ٨ = ٥٢٥,١٠٤ \text{ متراً}$$

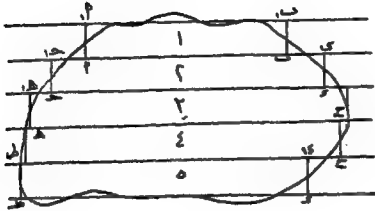
وطوله على المسطرة ٥٢٥,١٠٤ مليمترًا تبعاً لهذا المقياس. ويقسم هذا الطول إلى ٢٤ قسمًا فيكون طول كل قسم قيراطاً واحداً. ويؤخذ قسم من هذه الأقسام ويرسم في الجهة الأخرى من الورنية بحيث ينطبق أوله على صفر الورنية الخاصة بمقياس ١ / ٢٥٠٠ ، ثم يقسم إلى ١٢ قسمًا فيكون طول كل قسم سهمان.

وكقاعدة عامة يمكن عمل أى مسطرة وحساب طول التزيان على المسطرة إذا علم مقياس الرسم والمسافة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد. كما يمكن عمل مساطر تقس إلى كيلومترات مربعة أو أميال مربعة بنفس الطريقة.

طريقة استعمال مسطرة التفلين :

١ - إذا كان المطلوب إيجاد مساحة شكل مرسوم بمقياس ١ / ٢٥٠٠ ، نقوم برسم خطوط متوازية على هذا الشكل، البعد بين كل منها ٨ مليمترات. نحول كل قسم محصور بين كل خطين متوازيين إلى مستطيل مكافئ له في المساحة بطريقة الحذف والإضافة كما في شكل رقم (٥٢).

٢ - نأخذ بمسطرة التفلين مقياس ١ / ٢٥٠٠ بحيث يكون صفر الورنية منطبقاً على صفر المسطرة وتوضع حافة المسطرة موازية تماماً لطول المستطيل الأول (أ ب) مع مراعاة أن تكون الشعرة بإطار المسطرة منطبقة على إرتفاع المستطيل الأيسر (على الخط أ أ') ، ثم نحرك الإطار مع ثبات المسطرة حتى تنطبق الشعرة على إرتفاع المستطيل الأيمن (ب ب') فتكون القراءة التي تعينها الورنية على تدريج المسطرة هي مساحة هذا المستطيل.



(شكل ٥٢)

٣ - نرفع المسطرة مع ثبات الشعرة عند القراءة التي تعين مساحة المستطيل الأول، ثم نوضع موازية لطول المستطيل الثاني (جـ د) مع مراعاة إنطباق الشعرة على الارتفاع الأيسر لهذا المستطيل (جـ د) ثم نحرك الإطار حتى تنطبق الشعرة على الارتفاع الأيمن (د هـ) فتكون القراءة الناتجة هي مساحة المستطيلين الأول والثاني.

٤ - نرفع المسطرة مع ثبات الشعرة على القراءة الجديدة، ثم تنتقل إلى المستطيل الثالث ونقوم بنفس العمل، فنطبق الشعرة على الارتفاع الأيسر (هـ و) ونحركها تجاه اليمين حتى تنطبق على الارتفاع (و ز) فتنتج لنا مساحة المستطيلات الثلاثة بالفقدان وكسوره.

٥ - وباستمرار العمل في باقي المستطيلات بنفس الطريقة السابقة نحصل على مساحة الشكل بالفقدان وكسوره مباشرة.

وفي بعض الأحيان لا يكفي طول المسطرة لإيجاد مساحة الشكل كله مرة واحدة، وفي هذه الحالة يمكن تقسيم الشكل إلى قسمين أو أكثر وإيجاد مساحة كل قسم على حدة، ثم تجمع مساحات هذه الأقسام فنحصل على مساحة الشكل الكلية.

وفي حالة عدم وجود مسطرة نغدين من نفس المقياس المرسوم به الخريطة أو الشكل فيمكن إستعمال أحد المقاييس الموجودة ونحسب المساحة الحقيقية للشكل كالآتي :

$$\text{المساحة الحقيقية} = \left[\frac{\text{مقياس المسطرة المستعملة}}{\text{المقياس الحقيقي}} \right] \times \text{المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة}$$

مثال :

صمم مسطرة تفدين بمقياس ١ / ٣٠٠٠ تقرأ قيراطاً واحداً ووزنية دقتها
سهمان، إذا كان عرض كل قسم على لوحة السيلولويد ١٠ مم وبين المسطرة
الوزنية توضحان المساحة $\frac{1}{11} \frac{1}{11} \frac{1}{18}$
طريقة الإجابة :

عرض المستطيل في الطبيعة = $10 \times 3000 = 30000$ مم = ٣٠ متر

∴ طول المستطيل الذي عرضه ٣٠ متراً ومساحته ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً

(فدان) = $4200,83 \div 30 = 140,028$ متراً.

وهذا الطول يساوى على مسطرة التفدين طبقاً لمقياس الرسم :

$$= 140,028 \times \frac{1}{3000} = 46,7 \text{ مم.}$$

نأخذ خطأ طول ٤٦,٧ مم (أى فدان) ويمكن مضاعفته للضعف مثلاً أى
٩٣,٤ مم فيساوى ٢ فدان. ونقوم بتقسيم كل فدان إلى ٢٤ قسمًا متساوياً فيكون
طول كل قسم قيراطاً واحداً.

ولتصميم الوزنية : دقة الوزنية = $\frac{1}{n}$

∴ $n = 24 \div 2 = 12$ قسم

فتأخذ ١١ قيراطاً ونقسمها إلى ١٢ قسمًا فتكون الوزنية المطلوبة.

وليبيان القراءة $\frac{1}{11} \frac{1}{11} \frac{1}{18}$

القراءة المباشرة على مسطرة التفدين $\frac{1}{11} \frac{1}{11} \frac{1}{18}$

أى أن خط الإنطباق على الورنية بعد $18 \div 2 = 9$ أقسام
 س ط ف
 وخط الإنطباق على مسطرة التفدين عند : ١١ ط ١ ف
 $9 + 1 = 10$

ويكون وضع الورنية والمسطرة كما فى الشكل الآتى رقم (٥٣).



مسطرة تفدين مقياسها مجهول، قيست بها مساحة قطعة أرض مرسومة
 بمقياس ١ : ٤٠٠٠ فكانت ١٠ ١٤ ٨ ف إذا كان طول الفدان على
 هذه المسطرة ١٦,٨ م والمسافة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد ١٠ م،
 فما مقياس هذه المسطرة وما مقدار المساحة الحقيقية لقطعة الأرض (اعتبر الفدان
 $= ٤٢٠٠ متر^2$).

طريقة الإجابة :

(أ) إيجاد مقياس مسطرة التفدين :

$$\text{مساحة المستطيل بمقياس رسم المسطرة} = 10 \times 16,8 = 168 \text{ م}^2$$

وهذه المساحة تقابلها على الطبيعة مساحة فدان أو $٤٢٠٠ متر^2$

$$\text{أى أن } 168 \text{ م}^2 = ٤٢٠٠ متر^2 = ٤٢٠٠٠٠٠ : ١٠٠$$

$$١ \text{ م}^2 = ٢٥٠٠٠٠٠ : ٢٠٠ \text{ م}^2 \text{ وإيجاد جذر النسبتين } ١ \text{ م} = ٥٠٠٠$$

أى أن مقياس رسم هذه المسطرة ١ : ٥٠٠٠

(ب) وإيجاد المساحة الحقيقية لقطعة الأرض :

المساحة الحقيقية =

$$\left[\frac{\text{مقياس المسطرة المستعملة}}{\text{المقياس الحقيقي}} \right]^2 \times \text{المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة} = 10 \times \frac{14}{8} \times \left(\frac{4000}{5000} \right)^2$$

وتحويل الأفدنة والقراريط إلى أسهم تصبح مساحة المنطقة ٤٩٥٤ سهماً.

$$3170.56 = \frac{16}{25} \times 4954$$

(لاحظ تحويل المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة كلها إلى أسهم).

ولتحويل هذه المساحة (٣١٧٠,٥٦ سهم) إلى أفدنة وقراريط وأسهم :

نقسم ٣١٧٠ سهم على ٢٤ فتتج القراريط (لاحظ إهمال الكسور) =

$$\begin{array}{r} \text{س} \\ 132 \\ \text{ط} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{ط} \\ 12 \\ \text{س} \end{array} = 12 \times 5 = 60$$

ف تكون مساحة الأرض الحقيقية : ٢,٥٦ ١٢ ٥

تعاريف

- ١ - شكل منتظم سداسي مساحته ١٥٤٠ متراً مربعاً، فما طول ضلعه ؟
- ٢ - شكل خماسي منتظم مساحته ٢ فدان، ٩ قراريط ، ١٣ سهم. فما طول ضلعه وما مساحته بالتستيمتر المربع على خريطة مقياسها ١ : ٣٠٠ .
- ٣ - شكل ثماني منتظم، قيس طول ضلعه على خريطة ما فكان طوله ٤,٥ سم، فإذا كانت مساحته على الطبيعة ١٩٥,٦١٥ متراً مربعاً فما مقياس رسم الخريطة ؟.

- ٤ - قطعة أرض مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠٠ ، حبت مساحتها بواسطة مسطرة التفدين مقياس ١ : ١٥٠٠ فكانت ٩ أفدنة، ١٠ قراريط ، ٧ أسهم. فما

المساحة الحقيقية لهذه الأرض إذا علم أن المسافة بين الخطوط المتوازية على لوح السيلوليد ١٢ م.

٥ - أ ب ج د حديقة على شكل مستطيل مساحته ٢٤٠٠٠٠ متر مربع، والنسبة بين طولها وعرضها ٣ : ٢ . يراد شق طريق في منتصفها بعرض ٢٠ متراً بحيث يكون محوره القطر أ ج فما هي المساحة التي ستؤخذ من الحديقة لهذا الغرض.

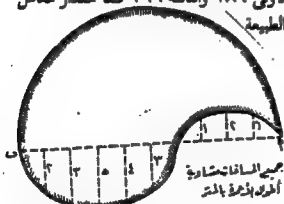
٦ - قطعة أرض مساحتها ٢ فدان ، ١٧ قيراط ، ٨ أسهم ، مرسومة على خريطة غير مبين بها مقياس الرسم . فإذا قدرت هذه المساحة بالبلايتمتر فكانت ٢٩٦٩ ١٨ سم^٢ ، أوجد مقياس رسم الخريطة.

٧ - قطعة أرض على شكل مثلث قائم الزاوية ونسبة قاعدته إلى ارتفاعه ٥ : ٣ ، ومساحته على خريطة ما ٧,٥ سم^٢ ، فما مقياس رسم الخريطة إذا كان طول لارتفاعه على الطبيعة ٦٠ متراً.

٨ - مسطرة تفدين بمقياس ١ : ٣٠٠٠ ، فإذا كان طول الفدان عليها ٤٦,٧ م ، فما طول المسافة الثابتة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد.

٩ - استخدم بلايتمتر في إيجاد مساحة شكل ما فكانت القراءة الأولى ٣٧٢ والثانية ٧١٧ ، فإذا كانت مساحة الشكل ٢٠٧٠ متراً مربعاً فما مقدار معامل هذا البلايتمتر ؟

١٠ - إذا كانت مساحة شكل ما ٣٨٦,٤ سم بمقياس ١ : ١٢٠٠٠٠ ، ليست ببلايتمتر فكانت قراءته الأولى ٢٨٦ والثانية ٧٦٩ فما مقدار معامل هذا البلايتمتر وما مساحته على الطبيعة



شكل (٥٤)

١١ - احسب مساحة الشكل السابق رقم (٥٤) إذا كانت مساحة نصف الدائرة المرسومة على القطر أ ب = ٣٥٣,٢٥ متراً مربعاً باستخدام قانون سمبسون مرة وقانون دوران فرة أخرى (اعتبر ط = ٣,١٤) .

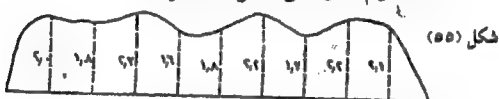
١٢ - إذا كان مقياس رسم مسطرة التفدين ١ : ٥٠٠٠ وطول الفدان عليها

٢٠٢٢ سم فما هو عرض المستطيلات على لوحة السيلوليد الواجب إستخدامها.

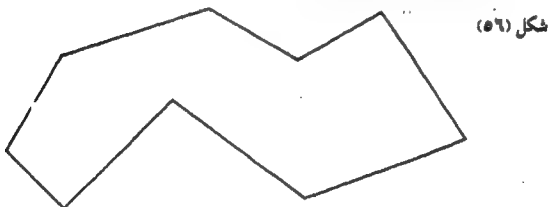
١٣ - إذا كان مقياس رسم الخريطة التي أمامك ١ : ٣٠٠٠، وكان عرض المستطيل على لوحة السيلوليد ٧ م، صمم مسطرة تقدين ليتمكن إستخدامها على هذه اللوحة.

١٤ - يراد تخطيط لوحة سيلوليد ليتمكن القياس بها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠٠٠ إذا كان طول القندان على مسطرة التقدين المستخدمة ١١,٦٧ سم.

١٥ - أوجد مساحة الشكل الآتي رقم (٥٥) بالفدان باستخدام قانون سمسون مرة وطريقة الارتفاع المتوسط مرة أخرى، علماً بأن مقياس رسم الشكل ١ : ٢٥٠٠٠ (الأرقام المكتوبة على الشكل بالستيمتر).



١٦ - الشكل الآتي رقم (٥٦) يمثل حدود بركة مرسومة بمقياس ١ : ٣٠٠٠ والمطلوب معرفة مساحتها على الطبيعة بالتر المربع باستخدام طريقة المثلثات مرة وطريقة أشباه المنحرفات مرة أخرى.



الفصل الرابع

المساحة بالجنزير

تعتبر المساحة بالجنزير من أبسط الطرق المستخدمة في رفع تفاصيل منطقة ورسمها، وأساسها استعمال أدوات لقياس الأطوال فقط ولا سيما الجنزير لأنه الأكثر شيوعاً في الإستخدام، ولذا سميت هذه الطريقة باسمه وإن كان قد أُلغى استعماله تقريباً الآن ويستخدم بدلاً منه شرائط من الصلب. وهذه الطريقة من أبسط الطرق لرفع الأراضي المكشوفة قليلة الارتفاعات والإنخفاضات والصغيرة المساحة، وما زالت مستخدمة خاصة في رفع المباني وإنشاء الخرائط التفصيلية ذات المقاس الكبير.

الأدوات المستخدمة في المساحة بالجنزير:

١ - الجنزير Chain :

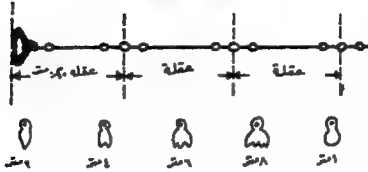
يتكون عادة من ١٠٠ حلقة Link، وهو مصنوع من السلك الحديد أو الصلب. وتتصل كل حلقة بالأخرى بحلقات دائرية أو بيضاوية من نفس المعدن لا يقل عددها عن ثلاث. وطول كل حلقة ٢٠ سم مقاسة من منتصف الحلقة الوسطى إلى منتصف الحلقة الوسطى التي تليها (شكل رقم ٥٧). وينتهي طرفا الجنزير بمقبضين من النحاس.

- ويوجد بعد كل مترين (أو ١٠ عقلات) علامة نحاسية ذات أسنان تدل على عدد الأمتار، وكل سن يشير إلى مترين ما عدا العلامة الوسطى التي تدل على منتصفه فهي مستديرة. وتجد هذه العلامات مكررة في نصف الجنزير ولذا فإن كل علامة تدل على بعد يساوي ضعف عدد أسنانها أو على بعد يساوي ٢٠ ناقصاً ضعف عدد الأسنان.



شكل رقم (٥٧)

الجنزير وأجزائه



والطول الشائع للجنزير هو ٢٠ متراً، ويعتبر طوله هو المسافة بين نهايتي المقبضين من الخارج. وإن كان هناك أنواع أخرى تتراوح أطوالها بين ٢٥ ، ٥٠ متراً وقد تصل إلى ١٠٠ متر في بعض الأحيان.

ولفرد الجنزير، يمسك المقبضان باليد اليسرى ويوضع الجنزير في اليد اليمنى ثم يلقى به بقوة إلى الأمام. ثم يمسك أحد الأفراد بأحد المقبضين ويتجه إلى الأمام حتى يتم فردة جيداً. وعند الانتهاء من العمل، يقوم المساح بقلب الجنزير ابتداءً من منتصفه عند العلامة النحاسية المستديرة ويضم العقلتان المتجاورتان معاً وينتبهما، وهكذا حتى يصل إلى المقبضين ثم يربط العقل المجمعة برباط جلدي خاص.

ويمتاز الجنزير بأنه يستعمل في الأعمال التي لا تحتاج إلى درجة كبيرة من الدقة، وفي العمل العنيف والأراضي الوعرة، وكذلك سرعة إصلاحه إذا قطع أثناء العمل. أما عيوبه فهي تعرضه لزيادة طوله نتيجة لشده بقوة، أو قصره بسبب إنشاء أو إلتواء بعض العقل أو تشابكهما أو الترخيم بسبب ثقله وصعوبة جعله أفقياً تماماً عند القياس على أرض منحدرة أو متموجة.

لذلك ينبغي التحقق من طول الجنزير قبل إستخدامه حتى لا يكون القياس خاطئاً وذلك بندق شوكتين على أرض منبسطة أفقية المسافة بينهما ٢٠ متراً تماماً (مقاسة بواسطة شريط صحيح الطول مصنوع من الصلب). ثم يشد الجنزير بينهما

ومن ثم يعرف طوله الصحيح أو الحقيقي ومقتدر الخطأ عن طوله الأسمى المكتوب عليه.

٢ - الشريط النيل Lienen Tape :



يصنع من النيل غير القابل لنفاذ الماء، لذلك فهو عرضه للقطع أو التمزق أثناء العمل أو التمدد في الطول نتيجة للرطوبة. وتوجد أسرطة مصنوعة من النيل المسلح بأسلاك رفيعة من الصلب لتساعد على ثبات طول الشريط وتمنعه من التمدد أو الإنكماش بالإضافة إلى قوته ضد القطع أثناء العمل. وتتراوح أطوال الشرائط بين ١٥ ، ٥٠ متراً (شكل رقم ٥٨). شكل رقم (٥٨) الشريط النيل

ويقسم أحد وجهي الشريط إلى أمتار وديسيمترات وستيمترات والزجج الآخر مقسم إلى ياردات وأقدام ونوصات. ويلف الشريط داخل علبة من الجلد حتى يظل نظيفاً بعيداً عن الرطوبة.

ويستعمل الشريط في قياس الأطوال القصيرة أو قياس أبعاد المباني كذلك في القياس على الأراضي الشديدة الانحدار أو الوعرة نظراً لخفة وزنه. وهو يفضل الجنزير كثيراً في دقته لأن تمدده أقل، كما أنه غير معرض للتمدد والإنكماش التي يتعرض لها الجنزير. ويجب الإحتكام بتظافة الشريط بمسح جيداً عند الانتهاء من العمل وينبغي أن يكون جافاً تماماً قبل لفه داخل علبة.

٣ - الشريط الصلب Steel Tape :

وهو شريط مصنوع من سبيكة معينة من الصلب مخفور عليه أقسام تدل على الأمتار والديسيمترات والستيمترات، وتتراوح طوله بين ٢٠ ، ٥٠ متراً، ويمتاز بعدم تمدده أو إنكماشه بسبب العوامل الجوية، لذا فهو يستخدم في معايرة الجنازير العادية والأسرطة النيل ولا يستخدم إلا في المشاريع التي تحتاج إلى دقة كبيرة. وبالرغم من دقة الشريط الصلب وخفة وزنه إلا أنه يحتاج إلى عناية كبيرة

وحرص شديد أثناء العمل لأنه سهل الكسر. ويجب صيانته دائماً بتنظيفه بعد الانتهاء من العمل وتجفيفه جيداً ومسحه بالزيت من أن لا يترسخ لا يصدأ.

٤ - الشوك Arrows :

عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب يتراوح أطوالها بين ٣٠ ، ٤٠ سم ، مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها في الأرض. أما الطرف الآخر فعلى هيئة حلقة مستديرة ليستخدم كمقبض. وتستعمل الشوك في تحديد النقاط وكذلك للتوجيه وللمعرفة عدد طرحات الجزير عند قياس خط خوفاً من الخطأ (انظر شكل رقم ٥٩ - أ).

٥ - الأوتاد Pegs :

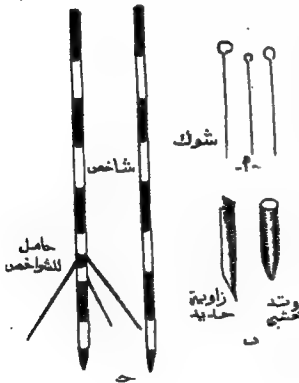
وهي إما أن تكون من الخشب إذا كانت تستخدم في الأراضي الزراعية أو اللينة، أو عبارة عن زوايا حديدية أحد طرفيها مدبب لاستخدامها في الأراضي الصلبة الأسفلتية أو الصخرية، حيث يصعب استخدام الأوتاد الخشبية. ويتراوح طولها بين ٢٠ ، ٣٥ سم وتلق في نقط بدء القياس أو رؤوس الضلعات ويترك جزءاً منها ظاهراً فوق سطح الأرض (حوالي ٥ سم) حتى يمكن الرجوع إليها (شكل رقم ٥٩ - ب).

٦ - الشواخص Ranging Poles :

عبارة عن قوائم خشبية أسطوانية الشكل أو مضلعة المقطع. يتراوح قطرها بين ٥ ، ١٠ سم تقريباً وطولها المعتاد ٢ متر وقد يصل إلى ٣ أمتار. وينتهي أحد طرفيها بكمب حديدي مدبب حتى يمكن غرسه في الأرض إذا كانت زراعية، أما في الأراضي الصلبة فيبوضع الشواخص في حامل ثلاثي خاص (شكل رقم ٥٩ - ج).

شكل رقم (٥٩)

الشوك - الأوتاد - الشواخص



والشواخص ملونة بالألوان متبادلة عادة ما تكون الأبيض والأحمر أو الأبيض والأسود أو الثلاثة مما يسهل تمييزها ورؤيتها من بعيد. وأحياناً يوضع في أعلى الشاخص راية ملونة بنفس الألوان لنفس الغرض. وتستعمل الشواخص في توجيه المخطوط أثناء القياس ولتحديد أماكن الأوتاد على بعد.

٧ - دفتر الخيط Field Book :

عبارة عن دفتر مستطيل الشكل طوله حوالي ٢٢ سم وعرضه ١٢ سم تقريباً، ويفتح في اتجاه طوله. وبوسطه خطان أحمران المسافة بينهما ٢ سم يمثلان خطأ واحداً هو خط الجزير.

ويستعمل دفتر الخيط في رسم كروكي التفاصيل المجاورة لخط الجزير والموجودة على جانبيه، كما سنذكر فيما بعد، وكذلك كروكيات النقاط المحددة لرؤوس المضلعات وتسجل فيه الأحداثيات الرأسية والأفقية للظاهرات المرفوعة (التحسية).

قياس مسافة بين نقطتين

أولاً : القياس على أرض مستوية:

١ - المسافة بين النقطتين أقل من طول الجزير:

أ - يمسك شخص بمقبض الجزير ويجعله مماساً لنقطة ابتداء الخط ويحتفظ به مثبتاً في مكانه.

ب - يسير شخص آخر وفي يده المقبض الآخر للجزير في اتجاه النقطة الثانية التي تمثل نهاية الخط مع مراعاة فرد الجزير جيداً أثناء السير حتى يصل إلى نهاية الخط، ثم يشد الجزير جيداً حتى لا يكون هناك خطأ في القياس.

ج - تؤخذ القراءة على الجزير على النحو التالي :

تفحص آخر علامة نحاسية قبل نهاية الخط ثم تعد العقالات الكاملة من هذه

العلامة حتى نهاية الخط وإذا كان هناك جزء من عقلة فيقدر طولها بالنظر أو تقاس بالمسطرة وبذلك يكون :

طول الخط = عدد أسنان العلامة النحاسية مضروباً $\times ٢$ (إذا كانت قبل منتصف الجنزير ، أما إذا كانت بعده فيطرح الناتج من ٢٠) + عدد العقل الصحيحة مضروباً $\times ٢٠$ سم + طول الجزء الباقي من آخر عقلة.

د - يكرر العمل كما سبق مبتدئين من النقطة التي انتهى عندها القياس ونأخذ القراءة مرة أخرى وإذا كان هناك فرق بين القراءتين يؤخذ متوسطهما. ويكون هذا المتوسط هو طول المسافة بين النقطتين.

٢ - المسافة بين النقطتين تزيد عن طول الجنزير :

أ - يوضع فوق كل نقطة من طرفي الخط (أ ، ب) بشاخصاً حتى يكونا واضحين وتسهل عملية التوجيه.

ب - يمسك القائد بمقبض الجنزير ويثبت عند أول الخط (نقطة أ) وذلك بجعل مقبضه مماساً لهذه النقطة.

ج - يسير التابع في اتجاه النقطة ب ومعه المقبض الآخر للجنزير. مع مراعاة فرد الجنزير أثناء السير إلى أن يصل إلى آخر طوله.

د - يقوم القائد بتوجيه التابع ، وذلك بمحاولة أن يجعل الشاخص الموجود أمامه (في نقطة أ) يخفى خلفه الشاخص الموجود في نقطة ب. وفي الوقت نفسه يأمر التابع بالتحرك ي نأ أو يساراً حتى يرى الشوكة التي تمثل نهاية طول الجنزير قد أصبحت تقع على الخط أ ب ، فيأمره بغرسها أو وضع علامة بالطباشير إذا كانت الأرض صلبة.

هـ - يتحرك التابع إلى الأمام ساحباً معه الجنزير وكذلك القائد، حتى يصل القائد إلى مكان الشوكة التي غرسها التابع ويثبت عندها مقبض الجنزير،

ويكون التابع قد وصل إلى نقطة جديدة. وتجري نفس عملية التوجيه السابق ذكرها، ثم يفرس التابع شوكة أخرى.

و - يستمر العمل على هذا النحو حتى آخر الخط. ويقاس الجزء الأخير من الخط والذي يقل طوله عن طول الجزير بالطريقة التي سبق ذكرها عند قياس مسافة أقل من طول الجزير.

ز - تحصى عدد الشوك أو العلامات الطباشيرية وبذلك تعرف عدد طرحات الجزير ويضرب هذا العدد في طول الجزير المستعمل ويضاف إليه الجزء الأخير، فينتج طول الخط أ ب كاملاً.

ح - يعاد العمل مرة أخرى مبتدئاً من نقطة الانتهاء ب في اتجاه نقطة أ ثم يؤخذ المتوسط بين الطولين فيكون الناتج عبارة عن طول الخط أ ب بطريقة أكثر دقة.

ملاحظات على القياس والتوجيه:

* يجب أن يكون الشاخص رأسياً تماماً والتوجيه على نهايته السفلى (كعبه) ويتم ذلك بانحناء الراصد قليلاً.

* يقف القائد خلف الشاخص بمسافة قليلة ويوجه بإحدى عينيه على جانب واحد من الشاخص.

* يحاول التابع أن يوجه نفسه بالتقريب أثناء سيره.

* يتفق القائد والتابع على إشارات خاصة باليدين بدلاً من الصياح والنداء.

ثانياً : القياس على أرض منحدرة:

من المعروف أن الأطوال التي ترسم على الخرائط هي الأطوال المقاسة على المستوى الأفقى وليست الأطوال المائلة. لذلك يجب مراعاة هذا الأمر أثناء القياس على الأرض المنحدرة. وقد تكون الأرض التي نقوم بقياس المسافات عليها ذات إنحدار منتظم أو غير منتظم، وفي كلا الحالتين تختلف طريقة القياس.

٩ - إذا كانت الأرض منتظمة الإتعداد :

فى هذه الحالة تقاس المسافة المائلة بالجنزير ثم يصحح الطول الناتج لإيجاد المسقط الأفقى لطول الخط وذلك باستخدام نظرية فيثاغورث تبعاً للمعادلة الآتية:

المسافة الأفقية = $\sqrt{\text{المسافة المائلة على المائل}^2 - (\text{الفرق بين منسوبى طرفى الخط})^2}$

$$\text{أو } F = \sqrt{M^2 - E^2}$$

وهناك معادلة تقريبية يمكن إستخدامها فى حالة ما إذا كان الفرق بين منسوبى الخط والمسافة المائلة أكثر من 20٪ وهذه المعادلة :

$$\text{التصحيح} = \frac{(\text{الفرق بين منسوبى طرفى الخط})^2}{\text{ضعف المسافة المائلة}} \quad \text{تقريباً}$$

$$\text{أى } M - F = \frac{E^2}{M^2} \quad \text{تقريباً}$$

مثال :

قيس خط على منحدر منتظم، فكان طوله ١٠٠ متر، فإذا كان الفرق بين منسوبى طرفيه ١٧ متراً. فما طول المسافة الأفقية ؟
الإجابة:

(أ) بطريقة فيثاغورث :

$$F = \sqrt{M^2 - E^2} = \sqrt{(100)^2 - (17)^2} = 98.544 \text{ متر}$$

(ب) بالمعادلة التقريبية :

$$M - F = \frac{E^2}{M^2 \times 2} = \frac{(17)^2}{100 \times 2} = 1.445 \text{ متر}$$

$$\therefore F = 100 - 1.445 = 98.555 \text{ متر}$$

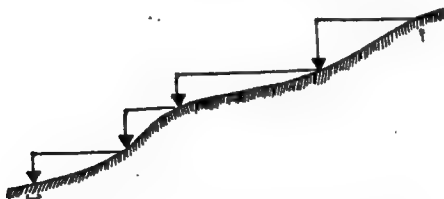
أى أن الفرق بين الطريقتين = ١١ ملليمتر وهو خطأ مسموح به. والجدول التالى يبين مقدار التقريب باستعمال هذه المعادلة (بالمليمتر).

٦٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٥	١٠	٥	ع لكل ١٠٠ متر مقاسة على المائل
٢٠٠٠	٣٠٠	١٠٠	٢٠	٧	١,٠	٠,١	الخطأ بالمليمتر

ويتضح من هذا الجدول أنه كلما ازداد إنحدار الأرض كلما ازداد الخطأ الناتج عن استخدام هذه المعادلة التقريبية فإذا كان الفرق بين منسوبي طرفي خط طوله ١٠٠ متر ، قدره ٣٠ متراً فإن الخطأ الناتج يساوى ١٠٠ ملليمتر وهكذا.

٢ - إذا كانت الأرض غير منتظمة الإنحدار :

- أ - يقسم الخط إلى أجزاء تبعاً لنقط التغير في الإنحدار شكل رقم (٦٠).
- ب - يقاس كل جزء من بداية الخط بأن يمسك القاسد بداية الجزير عند أول الخط، والتابع عند نهاية الجزء المراد قياسه وبشأن الجزير لجعله أفقياً.
- ج - بعد أن يتم توجيه التابع في الاتجاه الصحيح، يمسك بغيوط شاغول ملاصقاً للجزير عند نهاية هذا الجزء ويترك الثقل يتدلى إلى أسفل ليمسك على النقطة التي تمثل نهايته وتقرأ قراءة الجزير والتي تمثل طول المسافة الأفقية لهذا الجزء.
- د - يكرر نفس العمل بالنسبة لباقي أجزاء الخط ويجمع الأطوال المقاسة فيكون مجموعها عبارة عن طول المسافة الأفقية للخط.



شكل رقم (٦٠) قياس خط على أرض غير منتظمة الإنحدار

ملاحظات على القياس فى هذه الحالة :

* يجب جعل الجنزير أفقياً بالنظر بقدر الإمكان فى الأرضى قليلة الانحدار، أما فى الأرضى شديدة الانحدار فيصعب شده أفقياً ويحسن التحقق من أفاقته بأن يصنع زاوية قائمة مع خيط الشاغل الموضوع فى نهاية الجزء المقاس.

* لزيادة الدقة يستعمل الشريط الصلب بدلاً من الجنزير فى هذه الحالة لدقته وخفة وزنه.

* يحسن القياس دائماً من أعلى إلى أسفل.

إسقاط وإقامة الأعمدة على خط الجنزير

تعتمد طرق الرفع بالجنزير على إقامة الأعمدة على خط الجنزير فى إتجاه الأهداف أو الأغراض المراد رفعها أو توقيعها، أو إسقاط أعمدة من هذه الأهداف على خط الجنزير. لذلك تتمدد الطرق التى يتم بها إقامة أو إسقاط الأعمدة. فيمكن إستخدام الشريط بالنسبة للأهداف القريبة من خط الجنزير. كما أن هناك أجهزة لهذا الغرض بالنسبة للأهداف التى تبعد عن خط الجنزير بمسافات أكبر من طول الشريط المستخدم. وهذه الأجهزة بسيطة فى تركيبها وفى إستخدامها، قليلة التكاليف ودقتها محدودة لتلائم طريقة الرفع بالجنزير. إذ أن أهم ميزة للمساحة باستخدام الجنزير هى قلة النفقات واستخدام أبسط الأجهزة والأدوات مع الحصول على نتائج يكون الخطأ فيها مسموحاً به، وإن كانت هذه الطريقة أقل طرق الرفع المساحية فى دقتها.

وفيما يلى عرض للطرق الشائعة الإستخدام لإقامة الأعمدة أو إسقاطها على خط الجنزير باستخدام الشريط أو الأجهزة مثل المثلث المساح (بأنواعه المختلفة) والمشور الحزنى المزودج والباتومتر.

١ - إستخدام الشريط فى إقامة وإسقاط الأعمدة :

أ - طريقة أقصر بعد :

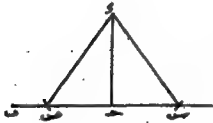


شكل رقم (٦١) طريقة أقصر بعد

تستخدم طريقة أقصر بعد فى إسقاط الأعمدة من الأهداف فى إتجاه خط الجنزير. ولإجراء هذه الطريقة يثبت أول الشريط عند نقطة د المراد إسقاط العمود منها على خط الجنزير أ ب . نفرد الشريط

ونتحرك به على خط الجنزير مع ملاحظة تناقص أو تزايد القراءة على الشريط حتى نحصل على أقل قراءة، وتكون هى أقصر بعد ولكن عند نقطة جـ . فتكون نقطة جـ هى موقع العمود د جـ على الخط أ ب - انظر الشكل رقم (٦١) .

(ب) طريقة المثلث المتساوى الساقين :



شكل رقم (٦٢)

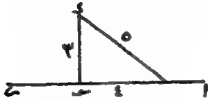
طريقة المثلث المتساوى الساقين

تستخدم هذه الطريقة لإسقاط الأعمدة على خط الجنزير. وللقيام بها نثبت أول الشريط عند نقطة د التى نرغب فى إسقاط عمود منها على خط الجنزير شكل رقم (٦٢) ونقطع بأى طول نختاره من الشريط خط الجنزير فى نقطتين (س، ص) ونفرد شوكتين. نصف المسافة بين س، ص فيكون منتصفها هو موقع إلتقاء العمود د جـ بالخط أ ب .

(ج) طريقة المثلث ٣ : ٤ : ٥ :

وتعتمد هذه الطريقة على نظرية فيثاغورث إذ أن المثلث الذى تكون النسبة بين أطوال أضلاعه ٣ : ٤ : ٥ يكون قائم الزاوية. ويمكن إستخدامها فى إقامة الأعمدة على خط الجنزير. فإذا كان المطلوب إقامة عمود من نقطة معينة (جـ)

على الخط أ ب ، فإننا نكوّن بالشريط مثلث أطوال أضلاعه ٤ أمتار (ويثبت



شكل رقم (٦٢)

طريقة المثلث ٣ : ٤ : ٥ :

هذا الضلع موازياً لخط الجنزير، وينتهي عند نقطة جـ ، ٣ أمتار (ويسدأ من نقطة جـ وينتهي عند نقطة د) ثم ٥ أمتار (ويسدأ من نقطة د ويمثل وتر المثلث) كما في الشكل رقم (٦٣).

ويسد الشريط جيداً لتكون أضلاعه

مستقيمة ونفّرس شوكة عند النقطة د التي تمثل رأس العمود.

٢ - استخدام الأجهزة في إسقاط وإقامة الأعمدة :

(أ) المثلث المساح :

هناك أنواع متعددة من المثلث المساح، بعضها بسيط مثل المثلث المساح المفتوح ويستخدم في تعيين الزوايا القائمة والبعض الآخر مركب مثل المثلث المساح المثمن والذي يتميز بإمكان تعيين الزوايا 45° ، 135° بالإضافة إلى تعيين الزوايا القائمة. وفيما يلي تركيب كل منهما.

المثلث المساح المفتوح Open Cross Staff :

يتركب من ساقين معدنيتين متعامدتين على بعضهما، في طرفي كل منهما قائم، وفي وسط كل قائم شريح رأسى رفيع ترصد منه الأهداف. شكل رقم

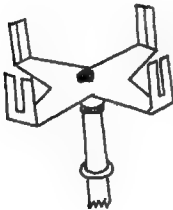
(٦٤). فالخط الواصل بين كل شريحين

متقابلين عبارة عن خط نظر عمودي على

الخط الواصل بين الشريحين الآخرين.

ومركب على قاعدة متصلة بحامل ذي

شعبة واحدة.



شكل رقم (٦٤)

المثلث المساح المفتوح

المثلث المساح الثمئن Octagonal Cross Staff :

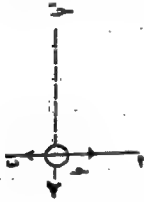
عبارة عن منشور مجوف ثماني منتظم، مثبت على حامل ذي شعبة واحدة. يوجد في الأوجه الأربعة الرئيسية شرخ رأسى ضيق وتحت (أو فوقه في الجهة المقابلة) فتحة واسعة مستطيلة، بوسطها شجرة رأسية من السلك الرفيع. وكل شجرة تقابل الشرخ المقابل لها وبالعكس شكل رقم (٦٥). ونحط النظر الواصل بين الوجهين المتقابلين عمودياً على خط النظر الواصل بين الوجهين الآخرين وتستخدم الأوجه الرئيسية في تعيين الزوايا القائمة. أما الأوجه الأربعة الثانوية ففيها شرخ رأسى فقط حتى يمكن

تمييزها عن الأوجه الرئيسية. ووظيفة الأوجه الثانوية قياس الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° كما سنذكر فيما بعد. وقد يزود المثلث المساح الثمئن بميزان مياه للتأكد من صحة وضعه أفقياً عند استخدامه.

ويستخدم المثلث المساح (بنوعيه) في الأغراض الآتية :

* إقامة الأعمدة على خط الجنزير :

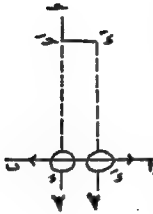
في حالة إقامة عمود من نقطة جـ التي تقع على خط الجنزير أ ب ، يثبت الجهاز في نقطة جـ وندير الجهاز حتى يصبح توجيهه مضبوطاً، وذلك بالنظر من أحد الشروخ الرئيسية ورصد الشاخص في نقطة أ ، ثم يستدير الراصد حول الجهاز ونظر من الوجه المقابل لهذا



شكل رقم (٦٦)

الشرخ، فيجب أن يرى الشاخص ب دون تحريك الجهاز. وبذلك يتحقق من أن الجهاز (أو نقطة جـ) تقع على الخط أ ب تماماً. وإقامة العمود، ينظر الراصد من أحد الشرخين الذي يتعامد خط النظر الواصل بينهما على الخط أ ب ، ثم يأمر التابع وفي يده شاخص رأسى بالتحرك يميناً ويساراً حتى يظهر الشاخص على إرتداد خط النظر فيأمره بتثبيت الشاخص وليكن في نقطة جـ فيصبح جـ جـ العمود المقام على الخط أ ب من نقطة جـ. (الشكل رقم ٦٦).

* إسقاط الأعمدة على خط الجنزير :



شكل رقم (٦٧)

يعين الراصد - بالتقريب - مسقط نقطة جـ وهي النقطة المراد إسقاط عمود منها على خط الجنزير أ ب ، ولتكن عند نقطة د' ونثبت عليها المثلث المساح ونقيم منها عموداً، فإذا كان إختيار هذه النقطة موفقاً فإن العمود القائم سيمر بالنقطة جـ . وإلا فإنه يبعد عنها بمسافة صغيرة ولتكن د جـ والتي يمكن قياسها . ثم يأخذ بعداً مساوياً لهذه المسافة على خط الجنزير وفي نفس الاتجاه من النقطة د فيعين بذلك نقطة د' ، ينتقل إليها بالجهاز ويعاد العمل للتحقيق (شكل رقم ٦٧) .

* تعيين الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° :

معيمة الرسم



شكل رقم (٦٨)

تستخدم هذه الطريقة في حالة ما إذا كان الهدف المطلوب رصده يقع بمسقط العمود الساقط منه على إمتداد خط الجنزير بعد نهايته . ولإجراء ذلك يتبع ما سبق ذكره في إقامة الأعمدة فيما يختص بعملية التوجيه . وبعد التحقق من صحة وضع الجهاز ، يتم التوجيه باستخدام الشروخ الثانوية فيعين بذلك الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° . انظر الشكل رقم (٦٨) .

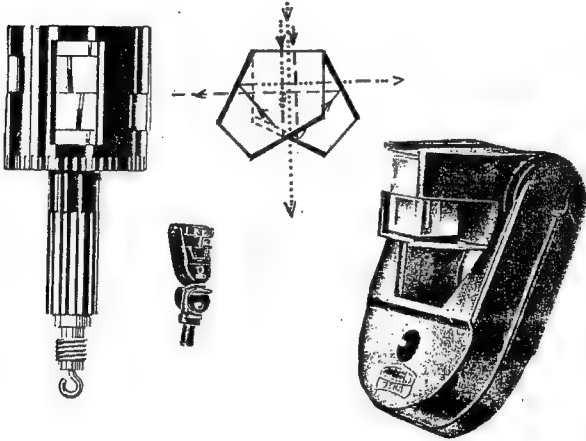
عيوب المثلث المساح :

- * لا يمكن ضبطه إذا كانت الشروخ غير متعامدة على بعضها تماماً .
- * لا يمكن جعله أفقياً تماماً إذا لم يكن مزوداً بميزان مياه ، لذلك فالزوايا التي تقاس به ليس من المؤكد أن تكون مقاسة على المسقط الأفقى .
- * المسافة بين كل شرخين متقابلين صغيرة ، نظراً لصغر نصف قطر المشمن .

فلا تساعد على تحديد الاتجاه بدقة كاملة. وكلما زادت المسافة بين الشرخين، كلما ساعد ذلك على تحديد الاتجاه بدرجة أدق.

(ب) المنشور المرئى المزدوج Double Prismatic Square

يعتبر أسرع وأدق الأجهزة المستخدمة فى طرق الرفع بالجنزير، لإقامة الأعمدة أو إسقاطها على خط الجنزير. وهو عبارة عن جهاز صغير الحجم، خفيف الوزن، ولا يحتاج إلى تحقيق بعد صناعته. ويبنى استخدامه حالياً على استعمال المثلث المساح. وتعتمد نظرية هذا الجهاز على أنه إذا سقط شعاع على منشور خماسى وانعكس داخله مرتين فإن الزاوية بين الشعاع الداخلى والشعاع الخارج تكون قائمة وتساوى ضعف الزاوية بين وجهى الإنعكاس. شكل رقم (٦٩).



شكل رقم (٦٩) المنشور المرئى المزدوج

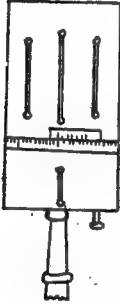
وتتركب المنشور المرتقى المزدوج من منشورين زجاجيين، كل منهما له خمسة أوجه، إثنان منهما عبارة عن مرآة من الداخل الزاوية بينهما 45° . والمنشوران موضوعان فوق بعضهما ولكل منهما فتحتان إحداها أمام عين الراصد والثانية على يمين الراصد بالنسبة للمنشور السفلى وعلى يساره بالنسبة للمنشور العلوى. وموجود فى العلبة التى تحتويهما فتحة فى أسفلهما وقناة فى أعلاهما حتى يمكن استخدامهما فى التوجيه لإقامة الأعمدة. ويؤد الجهاز بحامل ذى شعبة واحدة حر الحركة ونقل ليسامت نفسه وتحديد مسقط الجهاز على خط الجنزير. وهذا الحامل يمكن فصله إلى أجزاء. وقد يستبدل الحامل بمحيط فى أسفله ثقل الشاغل لتحديد تسامت الجهاز على خط الجنزير.

ويستخدم المنشور المرتقى المزدوج فى نفس الأغراض التى يستعمل فيها المثلث المساح. وفى حالة إقامة الأعمدة من خط الجنزير، يقف الراصد بالجهاز فوق نقطة جد المطلوب إقامة العمود منها وتقع على الخط أ ب. ثم ينظر الراصد من المنشورين السفلى والعلوى، فيجب أن يرى صورتى الشاخصين الموجودين فى نقطتى أ ب. يكملان بعضهما وعلى إستقامة واحدة. وبذلك يتأكد من أن نقطة جد تقع على خط الجنزير تماماً. ثم ينظر بالعين المجردة من الفتحة السفلى أو القناة العليا وبأمر التابع بالتحرك يمينا ويساراً ممسكاً بشاخص فى يده، حتى يرى الشاخص وقد أصبح يكمل صورتى الشاخصين الموجودين فى المنشورين فيأمره بتثبيت الشاخص وليكن فى نقطة د، فيبصيح جد العمود المطلوب إقامته.

أما فى حالة إسقاط 45° عمدة على خط الجنزير، يتحرك الراصد وفى يده الجهاز على يمين ويسار خط الجنزير، وعينه مثبتة على المنشورين حتى يرى الشاخص الموجود فى نقطة أ والشاخص الموجود فى النقطة ب يكملان بعضهما، مع مزاعة أن يكون واقفاً بالتقريب أمام الشاخص الموجود فى النقطة د المطلوب إسقاط عمود منها، فإذا لم يجد من الفتحة السفلى هذا الشاخص،

يتحرك على خط الجنزير مع محافظته على بقاء صورتى الشاخصين فى نقطتى أ، ب على إستقامة واحدة، حتى يرى بالعين المجردة الشاخص الموجود فى نقطة د على إستقامتهما أيضاً، فيثبت الجهاز فى هذه النقطة وتكون ج وتصبح نقطة إسقاط العمود د ج على خط الجنزير أ ب . .

(جـ) البانتومتر Pantometer :



وهو نوع معدل من المثلث المساح. ويستخدم فى قياس الزوايا بين صفر، 360° ويتركب من إسطوانتين متساويتين فى قطرها (حوالى ٥ سم) والأسطوانة السفلى أقل فى ارتفاعها من الأسطوانة العليا. ومحيط الأسطوانة السفلى مقسم إلى 360° فى إتجاه ضد عقرب الساعة. ويوجد على المحيط السفلى للأسطوانة العليا ورنبة وفوقها عدسة مكبرة حتى يمكن قراءة المقياس والورنية بكل وضوح وسهولة ودقة. ويوجد فى جوانب

الأسطوانة العليا أربعة شروخ رأسية، الخط الواصل

بين الشروخين الثانويين عمودى على الخط الواصل بين الشروخين الرئيسيين، وذلك لتعيين الزوايا القائمة. ويتركب البانتومتر على حامل ذى شعبة واحدة ينتهى بثقل الشاغل المذهب ليسهل غرسه فى الأرض انظر شكل (٧٠).

ويستخدم البانتومتر فى نفس الأغراض التى يستعمل فيها المثلث المساح. فإذا كان صفر الورنية منطبقاً على صفر المقياس، يعتبر فى هذه الحالة مثلث مساح أسطوانى الشكل Cylindrical Cross Staff دون تحريك الأسطوانة العليا. إلا أنه يمتاز على المثلث المساح والمنشور المرئى المزدوج بأنه يمكن قراءة زوايا إنحراف

الأهداف عن خط الجنزير يمينا أو يساراً. وكذلك توقيع أى زاوية وذلك بتحريك الأسطوانة العليا. وفيما يلى كيفية استخدام الباتومتر.

١ - قياس زاوية إلحراف هدف عن خط الجنزير :

يوضع الجهاز فى نقطة جـ الواقعة على خط الجنزير أ ب ويطبق صفر الورنية على صفر المقياس. وبعد إجراء عملية التوجيه، أى برصد الشاخصين الموجودين فى نقطتى أ ، ب عن طريق الشرخين الرئيسيين الموجودين بالأسطوانة العليا والتأكد من أن نقطة جـ تقع على الخط الواصل بينهما، تثبت الأسطوانة السفلى ويبدأ الراصد فى تحريك الأسطوانة العليا حتى يرى الشاخص الموجود فى نقطة د (الهدف) من نفس الشرخين السابق إستخدامهما فى عملية التوجيه. وتكون القراءة التى يبينها صفر الورنية هى مقدار الزاوية أ جـ د .

٢ - توقيع زاوية معينة على خط الجنزير:

بعد إجراء عملية التوجيه السابق ذكرها، وصفر الورنية منطقياً على المقياس. تثبت الأسطوانة السفلى وتحرك الأسطوانة العليا حتى ينطبق صفرها على الزاوية المطلوبة. ثم ينظر الراصد من نفس الشرخين السابق إجراء عملية التوجيه بهما ويأمر التابع ومعه شاخص رأسى بالتحرك يمينا أو يساراً حتى يظهر هذا الشاخص من خلال الشرخين فيما مره بتثبيت الشاخص فى النقطة الواقف عليها وبذلك يكون قد عيّن الزاوية المطلوبة على خط الجنزير.

رفع منطقة بواسطة الجنزير

تتلخص عملية رفع منطقة من الطبيعة إلى الخريطة باستخدام الجنزير، فى تثبيت عدة نقط وتوصيلها . مض لتكون مضلعاً يسمى الهيكل أو الترافيرس ثم يرفع هذا المضلع من الطبيعة إلى دفتر الغيط. ويبين على كل ضلع التفاصيل الطبيعية والصناعية الموجودة فى المنطقة المطلوب رفعها، وذلك بقياس الإحداثيات الرأسية والأفقية لهذه الظاهرات وتدوينها فى دفتر الغيط. ويطلق على هذه العملية «التحشية». وبعد ذلك يتم توقيع الأرصاء المسجلة فى دفتر الغيط على اللوحة. وفيما يلى خطوات رفع منطقة بالجنزير.

١ - معاينة المنطقة ورسم الكروكى :

يجب أولاً إستكشاف المنطقة المراد رفعها ومعاينتها لتكون فكرة عامة عن طبيعة الأرض وحدودها وملاحظة المعالم المميزة لها والأعمال الصناعية الموجودة بها ونفاصلها والظواهر الطبيعية المنتشرة عليها، حتى يمكن إختيار أحسن المواقع للنقط التى سيعتمد عليها لتكوين المصنع أو الهيكل الأساسى للمنطقة، بالإضافة إلى تحديد الأدوات والأجهزة اللازمة للقيام بعملية الرفع مثل تجهيز زوايا حديدية وحامل للشواخص إذا كانت طبيعة الأرض تتميز بصلابتها، أو تجهيز أسرطة طويلة أو إستخدام الأجهزة الخاصة بإقامة وإسقاط الأعمدة إذا كانت أطوال إحداثيات الأهداف المطلوب رفعها كبيرة وهكذا.

وتتم رسم كروكى للمنطقة فى دفتر الغيط ولا يشترط أن يكون الكروكى بمقياس رسم معين، بل يكفى أن يمثل الطبيعة بالتقريب، مع ملاحظة الجهات الأصلية أثناء الرسم، والاعتقاد أن يمثل الحافة العليا لدفتر الغيط إتجاه الشمال. وينبغى أن يكون رسم الكروكى بالقلم الرصاص الخفيف حتى يتيسر إجراء التغييرات التى يتضح عدم مطابقتها فى الطبيعة. كما يجب أن يكون هذا الكروكى كبيراً للدرجة تسمح ببيان التفاصيل وعدم إزدحامها، وبالمران يتعود المساح على صحة تقدير أطوال المسافات والأبعاد.

٢ - إختيار النقط المحددة للمصنع:

يفضل دائماً أن يكون الهيكل الأساسى للمنطقة مكوناً من مثلثات. إذ أن المثلث هو الشكل الهندسى الوحيد الذى يمكن رسمه بمعلومية أطوال أضلاعه فقط. ويراعى فى إختيار النقط المحددة لرؤوس المضلعات مايلى:

أ - يجب ألا تخترق خطوط الجزير موانع حتى يمكن تبادل الرؤية بين النقط ولا تعوق القياس.

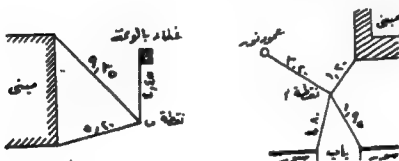
ب - أن تكون النقط فى مواقع بعيدة عن حركة المرور لتفادى إزالتها وسهل العثور عليها عند إستخدامها. فمثلاً يحسن أن تكون خطوط الجزير بجوار حدود الطرق (الرصف) وليس فى وسطها.

ج - أن تعين النقط بأوتاد خشبية فى الأرضى الزراعية مع بروزها قليلاً. أما فى الأرضى الصلبة كالطرق المرصوفة أو الصخرية فتدق مسامير حديدية أو زوايا رؤسها فى مستوى سطح الأرض.

د - يراعى أن تكون عدد خطوط المضلع أقل ما يمكن وأطولها أطول ما يمكن، لتفادى قياس الزوايا المحصورة بين هذه الأضلاع وتقليل عددها ما أمكن، إذ أن الأجهزة التى تستخدم فى قياس الزوايا بدقة معقدة التركيب وصعبة الاستخدام مثل التيودوليت.

هـ - وإذا كان هيكل المنطقة مكوناً من مثلثات، فينبغى أن تتراوح زوايا رؤوس هذه المثلثات بين 30° ، 150° وأحسنها ما كان متساوى الأضلاع أو متساوى الساقين.

وبعد إختيار المواقع النهائية للنقط ومراجعتها طبقاً للشروط السابقة ودق الأوتاد، أو الزوايا الحديدية فى المواقع المختارة لها، يرسم لكل نقطة كروكى على حدة (بعد تعيين موقعها على الكروكى العام للمنطقة). ثم تؤخذ ثلاثة أبعاد إلى ثلاثة أهداف ثابتة مثل أركان المباني والأعمدة وغيرها وكتابتها هذه الأبعاد على الكروكى الخاص بالنقطة حتى إذا أزيلت النقطة يمكن إعادة تعيين موقعها بدقة. والشكل رقم (٧١) يوضح مثالين لكروكى نقطتين.



شكل رقم (٧١) مثالان لكروكى نقط رؤوس مضلع

٣ - قياس الأضلاع وإجراء التحشية:

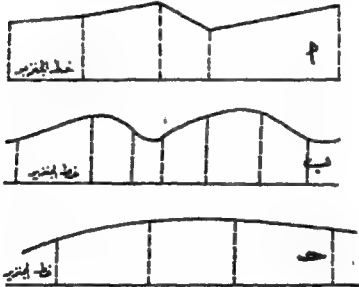
بعد الإنتهاء من تعيين نقط رؤوس المضلع تقاس المسافات بين هذه الرؤوس بالجزير، كما سبقت الإشارة عند «قياس المسافة بين نقطتين» ويطلق على كل ضلع من الأضلاع «خط الجزير». ويحسن أن يتم قياس كل خط أكثر من مرة، وأخذ المتوسط حتى تكون الأطوال أكثر دقة.

أما التحشية فمعمناها توقييع إحداثيات التفاصيل أو الظاهرات المطلوب رفعها بالنسبة لكل خط من خطوط المضلع. فأى نقطة من هذه التفاصيل لها إحداثيان: الإحداثى الأفقى وهو بعدها العمودى عن خط الجزير وإحداثيها الرأسى هو بعد المسقط العمودى للظاهرة مقاساً من بداية الضلع.

ولإجراء التحشية يفرد الجزير فى إتجاه الضلع المطلوب عمل التحشية له، أى رفع التفاصيل والأهداف الواقعة على يمينه ويساره. ويرسم كرزكى لهذا الخط فى دفتر النيط. فالخطين الموجودين فى منتصف الصفحة يمثلان هذا الضلع كله وترسم كرزكيات للتفاصيل الواقعة على جانبي هذا الخط فى نفس الصفحة. ويتم إسقاط أعمدة من الأهداف المطلوب رفعها ويقاس طول كل عمود فيما بين الهدف وخط الجزير وهو مايسمى بالإحداثى الأفقى. كذلك المسافة من بداية خط الجزير إلى مسقط هذا العمود وهو مايسمى بالإحداثى الرأسى. وتتم عملية إسقاط الأعمدة وقياس الإحداثيات الأفقية والرأسية لكل ظاهرة موجودة على جانبي هذا الجزء من خط الجزير. وتدون أطوال الإحداثيات الرأسية فى المسافة المحصورة بين الخطين من أسفل إلى أعلى، وتدون أطوال الإحداثيات الأفقية على الأعمدة المتجهة نحو الظاهرات المرفوعة سواء كانت على يمين خط الجزير أو على يساره. وبعد الإنتهاء من هذه الطريقة يطرح الجزير طرحة أخرى على الضلع وتدون التفاصيل بنفس الطريقة وهكذا حتى ينتهى الخط.

وبراعى فى التحشية ماهاى :

- * عندما يكون حد الظاهرة مستقيماً كأن يكون سوراً أو حافة طريق أو مبنى.. فتوجد التحشية عند أول ونهاية هذه الحدود المستقيمة شكل رقم (٧٢ - أ) .
- * عندما يكون الحد متعرجاً بغير انتظام - تؤخذ التحشية على فترات غير منتظمة عند نقط التغير فى الإنحاء شكل رقم (٧٢ - ب) .
- * عندما يكون الحد متسقاً فى الإنحاء - تؤخذ التحشية على مسافات متساوية وتقل هذه المسافات أو تزداد حسب درجة الإنحاء. شكل رقم (٧٢ - ج) .

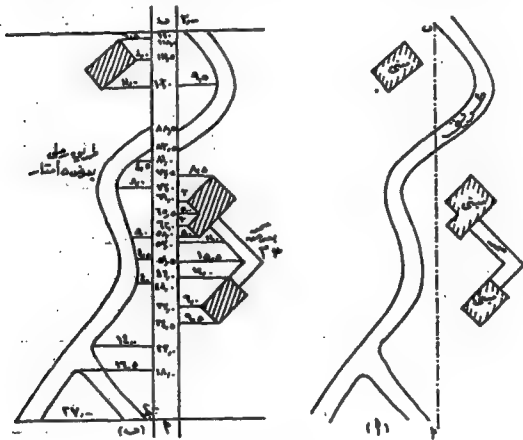


شكل رقم (٧٢)

وبراعى عند تدوين الأرصاد فى دفتر الغيط أن يرمز لموقع النقطة التى تحدد بداية الخط بدائرة فى وسطها نقطة ويكتب أسفلها إسم النقطة أو رقمها، ويكون ذلك فى أسفل الصفحة. وعند الوصول إلى نهاية الخط يكتب طوله فى داخل دائرة لتمييزه عن الأرصاد الأخرى ويكتب أعلى الدائرة إسم النقطة التى انتهينا إليها ويرسم خطاً أفقياً يعرض الصفحة كلها. والشكل رقم (٧٣ - أ) يوضح خط جزير فى الطبيعة

تم رفعه بالجنزير بينما يوضح الشكل رقم (٧٣ - ب) نفس هذا الخط كما يبدو في دفتر الغيط مدوناً عليه الأرصاء الخاصة بالأحداثيات الأفقية والرأسيّة للظواهر التي تم رفعها على جانبيه.

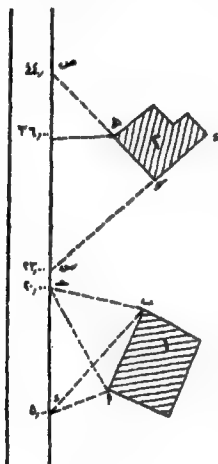
وعادة مايقابل المساح أثناء قيامه بالرفع بالجنزير العديد من المباني والمنشآت التي يستلزم الأمر رفعها. فيقوم بتسجيل أبعاد واجهاتها على الكروكيات الخاصة بها ثم يمين موقع المبنى بالنسبة لخط الجنزير بطرق متعددة أهمها مايلي :



شكل رقم (٧٣)

أ - رفع إحدى واجهات المبنى مثل الواجهة أ ب بالنسبة لخط الجنزير، وذلك بإنشاء خطى ربط لكل من أ ، ب كما هو مبين في الشكل رقم (٧٤) للمبنى رقم ١. حيث ليس بعد كل من أ ، ب عند قراءتين معلومتين على خط الجنزير. وتسمى هذه الطريقة بالتحشية المثلية. ذلك أن موقع

النقطة أ يمكن تعيينه على اللوحة بالنسبة لخط الجزير بمعلومية أطوال أضلاع المثلث أ ج د . كذلك يمكن تعيين موقع النقطة ب بمعلومية أطوال أضلاع المثلث ب ج د . وبعد تعيين الواجهة أ ب يمكن توزيع باقى واجهات المبنى طبقاً للأبعاد التى سبق تسجيلها على الكروكي الخاص به .



شكل رقم (٧٤)

ب - إذا كان المبنى قريباً من خط الجزير، وكان أحد جوانبه طويلاً مثل الواجهة د ج كما فى المبنى رقم ٢ بالشكل رقم (٧٤) . يقوم المساح بتعيين موقع تقاطع امتداد الواجهة د ج على خط الجزير أى موقع النقطة س . ثم تقاس المسافة ج س . كذلك الحال بالنسبة للواجهة ج هـ حيث يكون امتدادها عند النقطة ص على خط الجزير وتوقيع الطولين ج س ، ج هـ من تتحدد نقطة ج هـ والوجهتين ج د ، د هـ ثم توقع باقى واجهات المبنى .

ملاحظات على قياس الأضلاع والتحشية :

* ينبغى أن يقوم المساح بإنشاء خطوط إضافية لتحقيق العمل ، حتى إذا حدث خطأ فى قياس ضلع من الأضلاع يمكنه إكتشاف هذا الخطأ ، وذلك فى حالة ما إذا كان المضلع أو هيكل المنطقة غير المثلثات . وخطوط التحقيق عبارة عن بعض الخطوط الإضافية زائدة عن الحاجة الضرورية لرسم المضلع أو الهيكل . فمثلاً يمكن رسم أى شكل رباعى الأضلاع بمعلومية أطوال أضلاعه بالإضافة

إلى طول أحد قطريه. فإذا تم قياس القطر الثاني كان للتحقيق ويمكن المقارنة بين طوله المقياس على الطبيعة والطول الناتج من الرسم. هذا فضلاً عن أن خطوط التحقيق يمكن إستخدامها كخطوط جزير إضافية تحشى عليها التفاصيل التى لا يمكن تحشيتها على الأضلاع الرئيسية. والشكل رقم (٧٥) يبين أمثلة لبعض خطوط التحقيق.



شكل رقم (٧٥)

* العمل المنظم وطريقة تنفيذه تساعد كثيراً على إتمام عملية الرفع بدقة. لذلك تؤخذ خطوط التحشية حسب ترتيبها فى إتجاه القياس وتؤخذ عند كل تغير محسوس فى إتجاه الحدود التى يتم رفعها سواء كانت هذه الحدود واجهات مباني أو أسوار ... إلخ. إذ أن الإسراف فى توقيع خطوط التحشية لا يزيد شيئاً من الدقة.

* مقياس الرسم الذى يستخدم فى رسم الخريطة يحدد مدى الدقة التى يمكن الإلتجاء إليها فى القياس والرسم للظواهر الموجودة فى المنطقة. ولاداعى لأخذ تفاصيل لايسمح مقياس الرسم المستخدم ببيانها. فمثلاً إذا كان مقياس الرسم ١ : ٢٠٠ ، فيمكن قراءة الجزير لأقرب ٥ سم لأنها تساوى على اللوحة طبقاً لهذا المقياس ٠,٢٥ ملليمتر. أما خريطة مقياسها ١ : ٥٠٠ فيمكن أخذ الأبعاد لغاية نصف عقلة (أو ١٠ سم) لأن هذا البعد يساوى ٠,٢ ملليمتر على اللوحة أى سمك القلم تقريباً وهكذا.

٤ - رسم الخريطة :

بعد الإنتهاء من رفع المسطرة، نأتى بعد ذلك مرحلة العمل المكتبى وتمثل

فى رسم اللوحة أو الخريطة من واقع الأرصاد التى تم تسجيلها فى دفتر الغيط.
ولإنشاء خريطة للمنطقة التى تم رفعها تتبع الخطوات التالية:

أ - يتخـب مقياس رسم يتناسب مع أبعاد اللوحة التى ستوقع عليها الأرصاد المسجلة، وذلك إذا لم يكن هناك التزام بمقياس رسم معين. ويراعى أن يتناسب هذا المقياس مع مساحة المنطقة التى تم رفعها كما يتناسب مع الأبعاد التى تم قياسها وتسجيلها فى دفتر الغيط وملائماً للدقة المطلوبة. ويحسن رسم مقياس رسم خطى أو شبكى تبعاً للدقة المطلوبة فى أحد أركان اللوحة وذلك لقياس الأرصاد عليها بدلاً من تحويل هذه الأرصاد تبعاً لمقياس الرسم النسبى أو الكسرى حاسباً.

ب - يرسم المضلع الأساسى أولاً، مع مراعاة البدء برسم أطول خط كقاعدة فى مكان مناسب من اللوحة يسمح برسم باقى الخطوط والتفاصيل. ثم تعين مواقع النقاط الأخرى برسم مثلث بعد آخر، بعد تحويل أطوال الأضلاع إلى مايقابلها على اللوحة طبقاً لمقياس الرسم. وقبل البدء فى توقيع التحشية على الهيكل، يجب التحقق من صحة هذا الهيكل بقياس خطوط التحقيق ومقارنتها بأطوالها المقاسة فى الطبيعة.

جـ - توقيع التحشية التى يتم تسجيلها على خطوط الجزير فى دفتر الغيط بأن تعين كل نقطة بإحداثيها الرأسى ثم الأفقى. مع مراعاة موقعها بالنسبة لخط الجزير على يمينه أو يساره طبقاً لاتجاه الخط. ويتم توصيل هذه النقاط وفق الكروكى المرسوم لكل خط جزير فى دفتر الغيط ومقارنة ذلك بالكروكى الخاص للمنطقة. وبذلك يتم إنشاء خريطة تفصيلية للمنطقة بمقياس رسم دقيق.

د - تحبر الخريطة بعد ذلك وتمسح خطوط المضلع وخطوط التحشية. وفى بعض الأحيان تحبر خطوط المضلع باللون الأحمر وتوضع بقية المعالم كالمباني والشوارع والحدائق والجارى المائية والكبارى وفقاً للعلامات الإصطلاحية والرموز الخاصة بكل منها.

العقبات والعمليات التي يمكن إجراؤها بالجنزير

١ - خطأ طول الجنزير المستخدم:

فى بعض الأحيان، قد يكون طول النجزيـر المستخدم غير مضبوط، بمعنى أن يكون طوله الحقيقى (الفعلى) مخالفاً للطول الإسمى له والمدون على مقبضه. ويرجع ذلك إلى أسباب مختلفة منها إنشاء بعض العقل أثناء الإستخدام، أو فقد إحداها فى بعض الأحيان، أو تعدد الحلقات نتيجة للشد أثناء القياس، بالإضافة إلى إختلاف درجات الحرارة.

وفى مثل هذه الحالات يتم القياس على أساس الطول الإسمى للجنزير، ويسمى الطول الناتج فى هذه الحالة «بالمسافة المقاسة». ولحساب الطول الحقيقى تستخدم المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{المسافة المقاسة} \times \text{الطول الحقيقى للجنزير}}{\text{الطول الإسمى للجنزير}} = \text{المسافة الحقيقية}$$

مثال :

استخدم جنزير به خطأ قدرة - ٨ سم فى قياس مسافة بين هدفين فكان طولها ٦٤,٥٠ متراً، فما الطول الحقيقى لهذه المسافة ؟

$$\text{الطول الحقيقى للجنزير} = ٢٠,٠٠ - ٠,٠٨ = ١٩,٩٢ \text{ متراً}$$

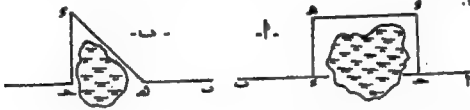
$$\therefore \text{الطول الحقيقى للمسافة} = \frac{١٩,٩٢ \times ٦٤,٥٠}{٢٠,٠٠} = ٦٤,٢٤ \text{ متراً}$$

ملاحظة :

فى هذا المثال لم يذكر الطول الإسمى للجنزير. ولذلك اعتبرناه يساوى ٢٠ متراً لأن ذلك هو الطول الشائع لمعظم أنواع الجنزير المستخدم فى عمليات المساحة.

٢ - إذا اعترض مانع سلبى قياس خط الجزير :

إذا كان المطلوب قياس الخط أ ب شكل رقم (٧٦ - أ) والذي تعترضه بركة تعوق القياس ولكنها لا تمنع الرؤية. لذلك نقيم على الخط أ ب العمودين ج د ، هـ بحيث يتجاوز طولهما عرض البركة وبإحدى أن يكون طولهما متساويان. ثم نقيس المسافة د هـ والتي تساوى ج د التى حالت البركة دون قياسها.



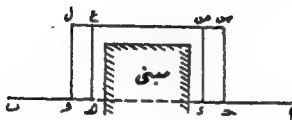
شكل رقم (٧٦)

طريقة أخرى شكل رقم (٧٦ - ب) :

من نقطة جـ على خط الجزير أ ب نقيم العمود ج د ويقاس طوله، ثم نصل د بنقطة مناسبة على خط الجزير ولنكن هـ ويقاس طوله. فيكون طول المسافة ج هـ التى لا يمكن قياسها مباشرة.

$$= \sqrt{(د هـ)^2 - (د ج)^2}$$

٣ - إذا اعترض مانع إيجابى القياس والتوجيه :



شكل رقم (٧٧)

وتستخدم هذه الطريقة إذا كان المطلوب قياس طول خط تعترضه مبان تمنع رؤية الأطراف الأخرى من الخط كما تمنع القياس المباشر بين الطرفين. فى هذه الحالة نقسم العمودين المتساويين جـ س ، د

٥ - قياس عرض مجرى مائي (ترعة) :



شكل رقم (٧٩)

لقياس عرض الترعة أب شكل رقم (٧٩)
يجرى الآتي :

نركز بالمثلث المساح فوق نقطة ب ونقيم
المعمود ب جـ على الخط أ ب. ثم ننصف
المسافة ب جـ في نقطة د ونضع فيها شاخصاً.
نقف بالمثلث المساح في نقطة جـ ونقيم المعمود
جـ هـ على الخط جـ ب. وعلى الشاخص الذي

سيحدد نقطة هـ مراعاة الترجية على الشاخص الموجود في د بحيث يخفى الهدف
الموجود في أ، فينشأ لدينا المثلثان المتساويان د ب أ، د جـ هـ ويكون طول أ ب
= طول جـ هـ الذي يمكن قياسه مباشرة.

٦ - تقدير ارتفاع مبنى :

نضع شاخصاً في نقطة أ وعلى بعد مناسب من المبنى المطلوب تقدير
لارتفاعه. ثم نضع شاخصاً آخر أصغر طولاً وليكن في نقطة ب، مع مراعاة أن
يكون خط النظر بين قمته وقمة الشاخص السابق والحافة العليا للمبنى على
استقامة واحدة. نقيس المسافة بين الشاخص الموجود في نقطة ب والمبنى ولتكن
ف وكذلك المسافة بين الشاخصين ولتكن ف_١ وكذلك نقيس ارتفاع
الشاخصين شكل رقم (٨٠).



شكل رقم (٨٠)

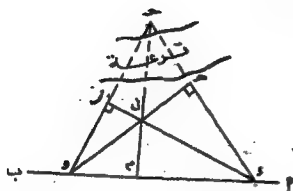
فيكون ارتفاع المبنى (ع) =

$$\frac{\text{الفرق بين طول الشاخصين} \times \text{ف}}{\text{ف}_1}$$

+ طول الشاخص الأصغر

$$\text{أوع} = \frac{\text{ف} \times \text{ف}_1}{\text{ف}_1} + \text{س}$$

٧ - إسقاط عمود من نقطة لا يمكن الوصول إليها :



، الطول الحقيقي للجزير = ٢٠ - ٠.٠٨ = ١٩.٩٢ متر

∴ الطول الحقيقي لهذا الخط = ١٩٤.٤٢ متر

(ب) عدم أفقية الأرض وإنحدارها:

عند القياس بالجزير على أرض مائلة أو منحدر، يراعى أن يكون خط الجزير أفقياً بقدر المستطاع، لأن الأطوال التى توقع على الخواط والملوحات من الأطوال الأفقية وليست المائلة وفى هذا المثال يجب تحويل هذا العزل المائل إلى طول أفقى، ويمكن استخدام قانون فيثاغورث للمثلث القائم الزاوية لهذا الغرض. أو استخدام القانون التقريبي الذى سبق ذكره.

مثال :

قيس خط على أرض منحدر بانتظام بين نقطتي أ ، ب فإذا كان منسوب نقطة أ ٣٧ متراً ومنسوب نقطة ب ٢٢ متراً، وكان طول هذا الخط ١٢٠ متراً، فما طول المسافة الأفقية بين هاتين النقطتين ؟

طريقة الإجابة:

١ - بطريقة قانون فيثاغورث:

$$\sqrt{(\text{المسافة المقاسة على المائل})^2 - (\text{الإرتفاع})^2} = \text{المسافة الأفقية}$$

$$\sqrt{م^2 - ع^2} = ف$$

وفى هذا المثال :

$$ع = ٣٧ - ٢٢ = ١٥ \text{ متراً}$$

$$∴ ف = \sqrt{١٢٠^2 - ١٥^2}$$

$$= \sqrt{١٤٤٠٠ - ٢٢٥}$$

$$= ١١٩.٠٥٨٨ \text{ متر} = ١١٩.٠٦ \text{ متر}$$

(ب) بالطريقة التقريبية :

$$\text{الخطأ} = \frac{٢٤}{٢٤٠} = \frac{٢٤}{٢٤٠} = ٠,٩٣٧٥ \text{ متر}$$

$$\therefore ١٢٠ - ٠,٩٣٧٥ = ١١٩,٠٦٢٥ \approx ١١٩,٠٦ \text{ متر}$$

مثال آخر :

عند قياس خط على منحدر يميل بمقدار ٤ درجات عن المستوى الأفقى،
وجد أن طوله ٧٥ متراً. فما هى المسافة الأفقية لهذا الخط؟
طريقة الإجابة:

يمكن استخدام القانون : $\cos \theta = \frac{\text{مجا}}{\text{هـ}}$

حيث θ = المسافة الأفقية ، م = المسافة المائلة ، هـ = زاوية الميل

$$\therefore \cos \theta = \frac{\text{م}}{\text{هـ}} \Rightarrow ٧٤,٨٢ = \frac{\text{م}}{٠,٩٩٧٦} \times ٧٥$$

ولكن يلاحظ فى هذا القانون الإضطراب إلى استعمال جداول النسب مثلثية
حتى يمكن إيجاد جيب تمام زاوية الميل ولهذا إستعير عنه بالقانون الأتى الذى
يمكن استخدامه بسهولة بدون الجداول.

$$\text{مقدار الخطأ} = ٠,٠٠٠١٥ \times \text{م} \times \text{هـ}^2$$

ومقدار الخطأ هو الفرق بين المسافة المقاسة على المائل (م) والمسافة الأفقية
(ف)، هـ زاوية الميل ، $٠,٠٠٠١٥$ مقدار ثابت.

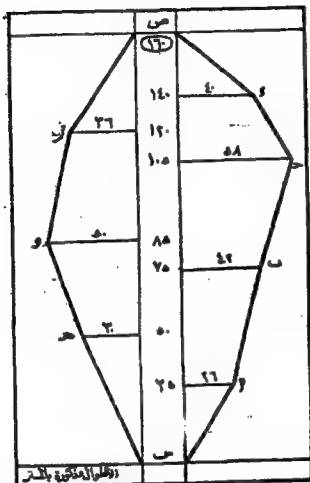
ومن ثم يمكن حل هذا المثال، على الوجه التالى :-

$$\text{مقدار الخطأ} = ٠,٠٠٠١٥ \times ٧٥ \times ٢٤ = ٠,١٨ \text{ متر}$$

\therefore المسافة الأفقية = المسافة المقاسة على المائل - مقدار الخطأ

$$= ٧٥ - ٠,١٨ = ٧٤,٨٢ \text{ متر}$$

وهى نفس النتيجة السابقة.



(ب) التحشية على خط جنزير واحد:

تم رفع قطعة أرض بخط
جنزير من م فكاتت
الإحداثيات الموجودة بصحيفة
دفتر الغيط كما في الشكل
الآتى (رقم ٨٢). والمطلوب
توقيع حدود هذه الأرض
بمقياس رسم ١ : ١٥٠٠
وحساب مساحتها بالأمتار
المربعة.

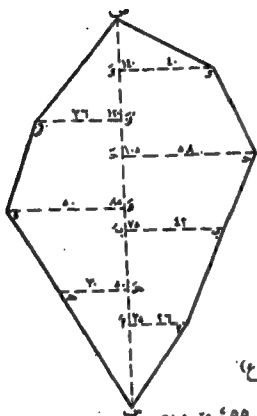
شكل (٨٢)

صحيفة دفتر الغيط

طريقة الإجابة:

نقوم برسم الخط من م وطوله ١٦٠ متراً طبقاً لمقياس الرسم المطلوب ثم
نرسم الإحداثيات الأفقية حسب الأبعاد المبينة أمام كل منها، سواء الأبعاد الرأسية
عن أول خط الجنزير (م) ، وهى المذكورة فى العمود الأوسط من صحيفة دفتر
الغيط، أو الأبعاد الأفقية (الإحداثيات) حسب ما هو مذكور عليها. وراعى أن
تكون على الجانب الأيسر أو الأيمن لخط الجنزير طبقاً لما هو مبين بدفتر الغيط.
ثم نصل بين نهايات هذه الإحداثيات ، فنحصل بذلك على شكل قطعة الأرض
كما فى الشكل (٨٣).

ولإيجاد مساحة هذه الأرض : نلاحظ أنها مقسمة إلى أشكال هندسية
بعضها مثلثات والبعض الآخر أشباه منحرفات ، فتحسب مساحة كل شكل على
حده.



شكل (٨٣)

الشكل بعد التوزيع
(الأطوال بالتر)

١ - مساحة المثلث $\text{أ ب ج} = \frac{1}{2} \times (\text{القاعدة} \times \text{الإرتفاع})$

$\frac{1}{2} \times (30 \times 26) = 390$ متر مربع

٢ - مساحة شبه المنحرف أ ب ب' = (مجموع القاعدتين) \times الإرتفاع

$= 10 \times (26 + 30) = 1360$ متر مربع

(يلاحظ أخذ القاعدتين المتوازيتين أ ب ، ب ب' ، أما الإرتفاع فهو الفرق بين الإحداثي الرأسى لنقطة ب والإحداثي الرأسى لنقطة أ ب' (٣٥ - ٧٥).

٣ - مساحة شبه المنحرف ب ب' ج ج' = $\frac{1}{2} \times (30 \times (58 + 26)) = 1500$ متر مربع

٤ - مساحة شبه المنحرف ج ج' د د' = $\frac{1}{2} \times (30 \times (40 + 58)) = 1710$ متر مربع

٥ - مساحة المثلث د د' ه ه' = $\frac{1}{2} \times (30 \times (20 \times 40)) = 600$ متر مربع

٦ - مساحة المثلث ه ه' ز ز' = $\frac{1}{2} \times (40 + 36) \times 10 = 380$ متر مربع

٧ - مساحة شبه المنحرف ز ز' و و' = $\frac{1}{2} \times (50 + 36) \times 10 = 430$ متر مربع

٨ - مساحة شبه المنحرف و و' ه ه' = $\frac{1}{2} \times (30 \times (30 + 50)) = 1200$ متر مربع

٩ - مساحة المثلث ه ه' س س' = $\frac{1}{2} \times (50 \times 30) = 750$ متر مربع

ومجموع هذه المساحات تكون المساحة الكلية لقطعة الأرض = ٩٨٠٥ متر مربع

(ج) الترافيرس بالجنزير:

الآتي عبارة عن صحيفة غيط (شكل ٨٤) لمنطقة رفعت بالجنزير مع كروكي للضلع وإتجاهات القياس. والمطلوب رسم هذه المنطقة من واقع الأرصاد المينة بدفتر الغيط بمقياس رسم ١ : ٧٥٠.

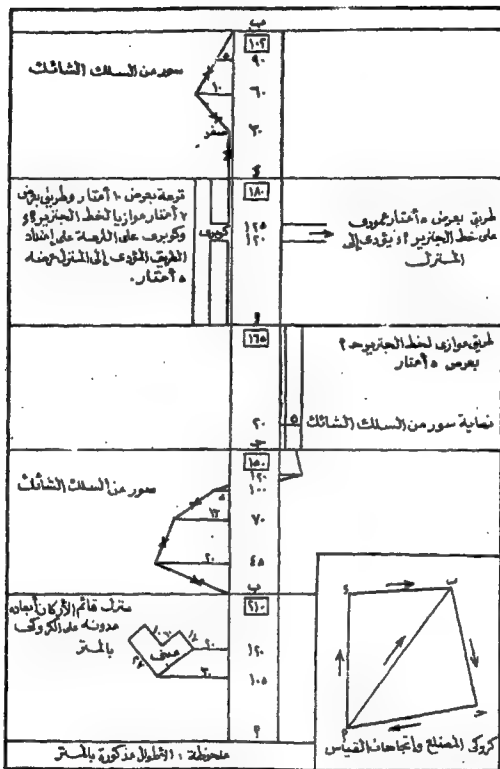
طريقة الإجابة:

نبدأ أولاً برسم مقياس خطي يقاس إلى أصغر طول موجود في صحيفة دفتر الغيط، وذلك بقصص الأرقام الدالة على الأطوال سواء الرأسية (مابين مخطي دفتر الغيط) أو الأفقية (البعد بين الظواهر الموقعة وخط الجنزير) فنجد أن هناك أرقاماً هي ٥، ١٠، ١٥، ١٧، ... وعلى هذا فيجب أن تكون دقة مقياس الرسم الخطي تصل إلى المتر الواحد. والفرض من ذلك أنه يمكننا في هذه الحالة إيجاد الأطوال مباشرة عن طريق هذا المقياس. وفي حالة تعذر رسم مقياس خطي يبين الدقة المطلوبة تلجأ إلى رسم مقياس شبكي (راجع في ذلك طريقة رسم المقاييس الخطية والشبكية).

ثم لرسم المضلع الأساسي، يتضح من الكروكي أنه عبارة عن مثلثين هما المثلث أ ب ج، والمثلث أ ب د. ويمكن رسمهما وذلك بتوقيع الضلع المشترك بينهما وهو أ ب حسب مقياس الرسم (= ٢٨ سم) ثم نركز في نقطة ب بمن البرجل ونفتحته فتحة تساوي طول الضلع ب ج حسب مقياس الرسم (= ٢٠ سم) ونرسم قوساً ثم نركز في نقطة أ ونفتح البرجل فتحة تساوي الضلع أ ج حسب مقياس الرسم (= ٢٢ سم) ونرسم قوساً يقطع القوس السابق في نقطة فتكون هي نقطة ج.

ونفس الطريقة تعين النقطة د من الجهة الأخرى للضلع أ ب.

ثم نرسم الأطوال أ ج، ب ج، أ د، ب د وبذلك نكون قد وقعنا المضلع الأساسي لهذا التمرين. ونبدأ بعد ذلك في تخشية كل خط من خطوط المضلع من واقع الأرصاد المينة في دفتر الغيط.



شكل رقم (٨٤) صحيفة دفتر القبط

(أ) تحشية عطف الجنزير أ ب :

بعد طول يساوى ١٠٥ أمتار (أى ١٤ سم حسب مقياس الرسم) من نقطة أ ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط أ ب قدره ٣٠ متراً (أى ٤ سم حسب مقياس الرسم) نحو الجهة اليسرى كما هو الحال فى دفتر الغيط، فتكون نهاية هذا البعد الأفقى ركن المبنى.

ثم بعد ١٢٠ متراً من نقطة أ (أى ١٦ سم حسب مقياس الرسم) نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط أ ب قدره ١٠ أمتار (ويمكن قياس هذا البعد بالبرجل من مقياس الرسم الشبكى مباشرة) نحو الجهة اليسرى من الخط أ ب فتحدد نهاية هذا البعد الأفقى ركن المبنى الثانى.

ومن الملاحظة الموجودة أمام الضلع أ ب بصحيفة دفتر الغيط، نستطيع أن نرسم المبنى طبقاً للأبعاد المبينة عليه عن طريق قياس هذه الأبعاد على مقياس الرسم الشبكى مباشرة.

(ب) بعد ذلك تنتقل للضلع (أو خط الجنزير) ب ج وهو التالى من دفتر الغيط كما يتضح من الكروكي، وتم تحشيته على الوجه التالى :

بعد ٤٥ متراً من النقطة ب (أى ٦ سم) (١) نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب ج من الناحية اليسرى له قدره ٢٠ متراً فنكون بذلك قد عينا حافة السور فى هذه النقطة.

ثم بعد ٧٠ متراً من النقطة ب ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب ج جهة اليسار قدره ١٥ متراً فتعين نهاية هذا البعد حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ١٠٠ متر من النقطة ب ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب ج طوله ٥ أمتار فى نفس الجهة اليسرى طبقاً لصحيفة الغيط، فتتعين بذلك حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ١٢٠ متراً من نقطة ب نقيم عموداً على الخط ب ج فى جهته اليمنى طوله ١٥ متراً فتحدد بذلك حافة السور فى هذا الجزء.

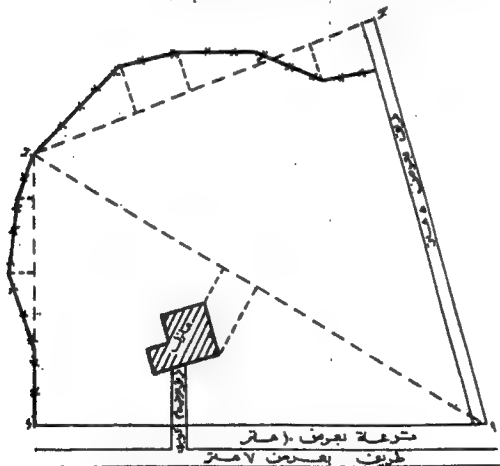
(١) نمّا لتكرار تحويل الأبعاد إلى ستمترات طبقاً لمقياس الرسم، وللإستفادة من المقياس الشبكى الذى رسمناه قبل حل التمرين وعن طريقه يمكن إيجاد أطوال الأبعاد بالبرجل مباشرة فنسذكر الأطوال فيما بعد طبقاً لأطوالها بالتر على الطبيعة.

نصل بين نقطة ب ونهايات خطوط التحشية العمودية على الخط ب جـ
وأول الطريق (طبقاً للإحداثى الموجود على المصنع أ جـ) بخط متصل عليه
دلالة السور الشالك طبقاً للإمطلاحات الدالة على الظاهرات الطبوغرافية
المختلفة.

(جـ) تحشية خط الجزير جـ أ :

بالرجوع إلى دفتر الفيط نجد أن خط الجزير جـ أ لم تؤخذ عليه إحداثيات
أفقية لظواهر أخرى، وإنما يوجد طريق في جهته اليمنى مواز له، وهذا الطريق
يعرض خمسة أمتار. فنقوم بتوقيع بعد أفقى قدره ٥ أمتار على يمين خط الجزير
جـ أ وعمودياً عليه، ثم نرسم خطاً آخر من نهاية هذا البعد موازياً للخط جـ أ
ليبان عرض الطريق.

كما أنه على بعد ٢٠ متراً من نقطة جـ إحداثى أفقى قدره خمسة أمتار
(أى عرض الطريق) تبين نهاية السور الشالك، فنقوم بتوقيعه.



شكل (٨٥) اللوحة بعد التوقيع (مضفرة)

(د) تحشية خط الجزيرة أ د :

يتضح من دفتر الفيط، أنه على يسار هذا الخط تمتد ترعة موازية له بعرض عشرة أمتار يليها يساراً طريق بعرض سبعة أمتار.

ولتوقيع هاتين الظاهرتين نقوم برسم بعد أفقى عمودى على الجهة اليسرى للخط أ د طوله عشرة أمتار وبعد آخر عمودى على نفس الخط أ د، وعلى نفس الجانب الأيسر له، طوله ١٧ متراً. ومن نهايتى هذين البعدين نمد خطين موازيين لخط الجزيرة أ د فنكون بذلك قد حددنا عرض الترعة وعرض الطريق ثم لون الترعة والطريق بالألوان الدالة عليهما (الأزرق للترعة والأحمر للطريق).

إلا أنه يوجد على بعد ١٢٠ متراً من أ إحداثى أفقى طوله صفر ليهين فى الجهة اليمنى للخط أ د حافة طريق يؤدى إلى المنزل، ومن جهته اليسرى حافة كوبرى على الترعة أمام هذا الطريق، فنقوم برسم هاتين الحافتين. ونفس العمل نجده يتكرر بعد ١٢٥ متراً من أ، إذ يوجد إحداثى أفقى طوله صفر أيضاً ليهين الحافة الأخرى للطريق السابق ذكره المؤدى إلى المنزل والحافة الثانية للكوبرى. فإذا أوجدنا الفرق بين هذين الإحداثيين نجد أن عرض الطريق والكوبرى خمسة أمتار.

(هـ) تحشية خط الجزيرة د ب :

نبدأ القياس من د ، فبعد ٣٠ متراً منها نجد إحداثى أفقى قدره صفرأ يمين موقع السور الشالك بالنسبة لخط الجزيرة. ومعنى ذلك، كما هو واضح من دفتر الفيط، أن السور الشالك يمتد ملاصقاً لخط الجزيرة من نقطة د حتى مسافة ٣٠ متراً.

وبعد ٦٠ متراً من نقطة د نأخذ بعداً أفقى عمودياً على الخط د ب وعلى جانبه الأيسر قدره ١٠ أمتار فنحدد نهاية هذا البعد حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ٩٠ متراً من نقطة د نأخذ بمنأ عمودياً على الخط د ب قدره ٥ أمتار وعلى جانبه الأيسر لتبين نهايته موقع السور في هذا المكان.

ثم نقوم بتوصيل نقطة د بنهايات الإحداثيات السابق إقامتها على الخط د ب ثم بنقطة ب فتميز بذلك إمتداد سور السلك الشالك في هذا الجزء.

والشكل رقم (٨٥) يوضح شكل اللوحة بعد التوقيع.

وكقاعدة عامة يراعى عند تحشية خطوط الجزير ما يأتى :

* أن جميع القياسات تبدأ دائماً من أول خط الجزير وعلى يساره أو يمينه تبعاً لما هو مبين بدفتر الغيظ.

* أن جميع الإحداثيات الأفقية بالنسبة لكل خط جزير عمودية على خط الجزير.

* أن ترسم جميع خطوط الجزير (الأضلاع) وخطوط التحشية (الإحداثيات الأفقية) بخطوط خفيفة حتى يمكن إزالتها بعد إتمام رسم المنطقة.

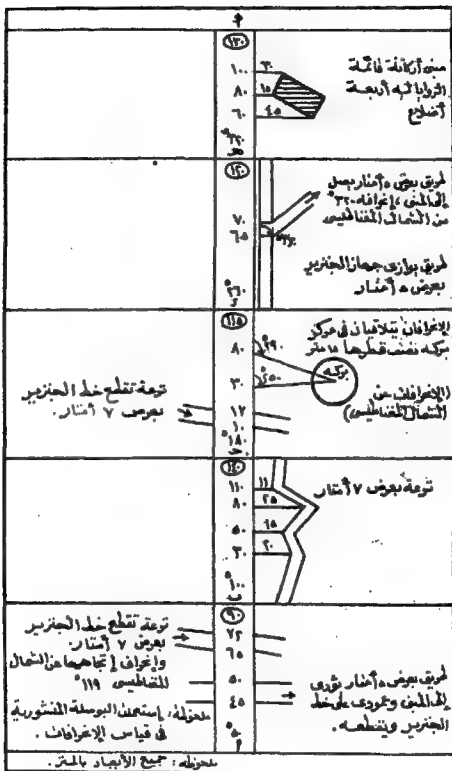
* إذا اضطر الفرد إلى كتابة أى أبعاد على دفتر الغيظ أو لوحة الرسم، فيجب أن تكون هذه الأبعاد طبقاً لطولها الحقيقى على الطبيعة، أى تكتب بالمتري وليس حسب مقياس الرسم.

(د) توافيرس بالجزير والبوصلة:

الشكل الآتى (رقم ٨٦) عبارة عن صحيفة من دفتر غيظ لمنطقة ما رفعت بالجزير وقيست إنحرافات أضلاع المضلع عن الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة المنشورية. والمطلوب رسم هذه المنطقة بمقياس ١ : ٦٠٠.

طريقة الإجابة :

هذا المثال يختلف عن المثال السابق، إذ أنه عبارة عن شكل خماسى، كما هو واضح من دفتر الغيظ إذ أن الأرصاء تبدأ بالضلع أ ب ثم الضلع ب ج ثم ج د ثم د هـ ثم هـ أ . ويطلق على مثل هذا المضلع «توافيرس مقفل». إذ أن



شكل رقم (٨٦) صحيفة دفتر الخيط

نقطة البداية هي نقطة النهاية (نقطة أ) . ومثل هذا النوع من التمارين معرض لخطأ يطلق عليه « خطأ القفل » أى أن نقطة أ التى تصل إليها فى نهاية صحيفة دفتر الخيط لا تنطبق على نقطة أ السابق توقيعها عند بداية حل التمرين .

ولحل مثل هذا التمرين نبدأ أولاً برسم مقياس خطى أو شبكى حتى يمكن قياس أصغر الأطوال ، وهو المتر الواحد ، مباشرة .

ولرسم المضلع نختار مكاناً مناسباً للنقطة أ بالنسبة للوحة التى سيرسم عليها المضلع ، ونرسم خطاً يمثل إتجاه الشمال المغناطيسى من النقطة أ . ولرسم الضلع أ ب نثبت مركز المنقلة على النقطة أ وصفرها على إتجاه الشمال المغناطيسى ، بحيث يكون إتجاه تدوير المنقلة مع إتجاه عقرب الساعة مبتدئاً من إتجاه الشمال المغناطيسى ثم نقيس زاوية قدرها 50° وبذلك نكون قد حددنا إتجاه الضلع أ ب ثم نقيس بدءاً على هذا الإتجاه قدره ٩٠ متراً طبقاً لمقياس الرسم المطلوب . فتكون نهاية هذا البعد هي نقطة ب .

ومن نقطة ب نرسم خطاً يمثل إتجاه الشمال المغناطيسى وبراعى أن يكون موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى السابق رسمه من نقطة أ ، ونفس الطريقة السابقة نحدد إتجاه الضلع ب ج الذى ينحرف عن الشمال المغناطيسى بزاوية قدرها 100° ثم نحدد على هذا الإتجاه طولاً قدره ١٣٠ متراً فتكون نهاية هذا الطول نقطة جـ .

نرسم من نقطة جـ إتجاه الشمال المغناطيسى بنفس الملاحظات السابق ذكرها ، ثم نقيس زاوية قدرها 180° محددين إتجاه الضلع جـ د . وعلى هذا الإتجاه نقيس ١١٥ متراً ، فتحدد نهاية هذا الطول نقطة د .

ونفس الطريقة نرسم الضلعين د هـ ، هـ أ . ويجب مراعاة ماأتى :

* أن تكون جميع إتجاهات الشمال المغناطيسى ، عند كل نقطة من نقط رؤوس المضلع ، متوازية .

* أن يبدأ قياس إنحراف كل خط من خطوط المضلع من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه عقرب الساعة مهما كانت الأحوال.

وبعد رسم المضلع الرئيسى للتراقيرس، نبدأ فى تخشية خطوط الجزير على الوجه التالى:

(أ) تخشية الخط أ ب :

نقيس بعداً قدره ٤٥ متراً من نقطة أ ونقيم عموداً فى الجهة اليمنى لخط الجزير أ ب يمثل حافة الطريق، ثم نقيس بعداً قدره ٥٠ متراً من نقطة أ ونقيم عموداً آخر فيمثل الحافة الأخرى للطريق. ومن طرح هذين الإحداثيين (٥٠ - ٤٥) ينتج عرض الطريق وقدره خمسة أمتار وهو المبين فى صحيفة دفتر الغيظ.

ثم نقيس بعداً قدره ٦٥ متراً من نقطة أ ونرسم من نهاية هذا البعد إتجاه الشمال المغناطيسى (موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى للوحة) ونقيس إنحرافاً قدره ١١٩° ونرسم خطاً يمثل حافة التربة. ثم نقيس بعداً قدره ٧٢ متراً من نقطة أ ونرسم من نهاية هذا البعد خطاً يوازي حافة التربة فنحدد بذلك عرض التربة طبقاً لما هو مبين بصحيفة دفتر الغيظ.

(ب) تخشية الخط ب ج :

بعد ٣٠ متراً من نقطة ب نقيم عموداً فى الجهة اليمنى للخط أ ب طوله ٢٠ متراً فيمثل حافة التربة، ثم نمد هذا العمود ٧ أمتار أخرى فنحدد بذلك عرضها.

وبعد ٥٠ متراً من نقطة ب ، نقيم عموداً طوله ١٥ متراً ثم نمده ٧ أمتار، فنحدد بذلك عرض التربة بالنسبة لهذا الإحداثى الأفقى.

ونفس العمل نكرره بعد ٨٠ متراً ، ١١٠ أمتار من نقطة ب على التوالي طبقاً للأرصاء المدونة فى دفتر الغيظ. ثم نصل بين نهايات هذه الإحداثيات الأفقية ونهايات إمتداداتها فنعين بذلك عرض التربة.

(ج) تحشية الخط جـ د :

نقيس بعداً قدره ١٠ أمتار من نقطة جـ د ثم بعداً قدره ١٧ متراً فتتمثل نهايتي هذين البعدين جانبي الثرعة، وعرضها هو الفرق بين هذين الإحداثيين الرأسيين.

ثم نقيس بعداً قدره ٣٠ متراً من نقطة جـ د ، ونفى نهاية هذا البعد نرسم إتجاه الشمال المغناطيسى ثم نقيس زاوية قدرها ٢٥٠° مبتدئين من هذا الإتجاه ونمد خطاً. ثم نقيس بعداً قدره ٨٠ متراً من نقطة جـ د ونرسم إتجاه الشمال المغناطيسى فى نهاية هذا البعد ونقيس منه زاوية قدرها ٢٩٠° ثم نمد خطاً آخر، فتكون نقطة تلاقى هذين الخطين هى مركز البركة. نفتتح البرجل فتحة قدرها ١٥ متراً (نصف قطر البركة) طبقاً لمقياس الرسم ونرسم دائرة تحدد جوانب البركة.

(د) تحشية الخط د هـ :

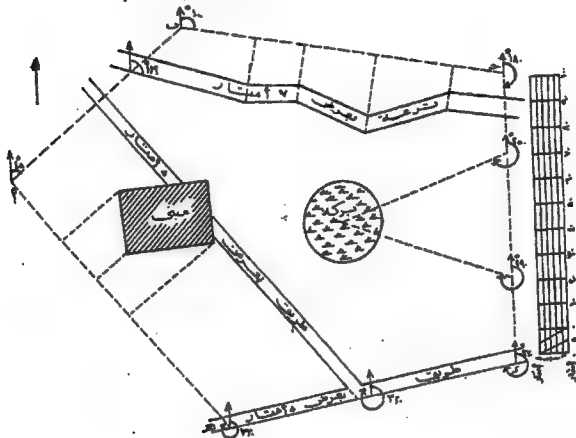
نجد أنه يوجد طريق يعرض ٥ أمتار يمتد متوازياً لخط الجزير د هـ وعلى جانبه الأيمن، فتقوم برسم عمود على الخط د هـ فى جهته اليمنى قدره ٥ أمتار فنحدد بذلك الجانب الآخر للطريق ونمده موازياً للضلع د هـ .

وبعد ٦٥ متراً من نقطة د ، نرسم إتجاه الشمال المغناطيسى، ثم نقيس زاوية قدرها ٣٢٠° من هذا الإتجاه ونمد خطاً فيحدد جانب الطريق إلى المبنى. ثم نقيس بعداً قدره ٧٠ متراً من نقطة د ونرسم خطاً موازياً للخط السابق محدداً الجانب الآخر للطريق ونمده حتى يصل إلى المبنى.

(هـ) تحشية الخط هـ أ :

نقيس بعداً قدره ٦٠ متراً من نقطة هـ ، ومن نهاية هذا البعد نقيم عموداً على الخط هـ أ طوله ٤٥ متر، وعلى جانبه الأيمن فنحدد بذلك ركن المبنى. ثم نقيس بعداً قدره ٨٠ متراً من نقطة هـ ونقيم عموداً طوله ١٥ متراً فنحدد الركن الثانى للمبنى. وعلى بعد ١٠٠ متر من نقطة هـ نقيم عموداً طوله ٣٠ متراً فنحدد الركن الثالث للمبنى. نصل بين هذه الأركان الثلاثة بخطين

متعامدين فيحدد ضلعي المبنى، ونكمل ضلعيه الآخرين بحيث تكون الأضلاع متعامدة كما هو مبين بصحيفة دفتر النبط. انظر الشكل رقم (٨٧).



شكل رقم (٨٧)

وقد سبق الذكر، أنه في مثل هذا النوع من الشمارين، قد لا تنطبق نقطة النهاية التي نصل إليها في نهاية دفتر النبط على نقطة البداية السابق توقيعهما رغم أنهما نقطة واحدة، وهذا ما يسمى بخطأ القفل ويتم تصحيحه بطريقة معينة (١).

(١) راجع ص ١٨٢ - ١٨٤.

مسائل

١ - جزيرة طولها ٢٥ متراً ، تبين عند إختباره أنه يقل ٦ ستمترات عن طولها الحقيقي ، فإذا أردنا قياس أبعاد حديقة مستطيلة الشكل أطوالها الحقيقية ٨٧,٨٠ متراً ، ١١٩,٤٥ متراً ، فما هي الأطوال التي سنحصل عليها بهذا الجزيرة.

٢ - خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠ وأبعادها ٤٠ × ٦٠ سم. أستعمل في رسمها جزيرة به خطاً قدره ١٠ سم أقل من طولها الحقيقي. قيس خط على هذه الخريطة فكان طولها ٣٨ سم ، فما هو الطول الحقيقي لهذا الخط وما هي المساحة الحقيقية لهذه الخريطة بالمتري المربع ؟

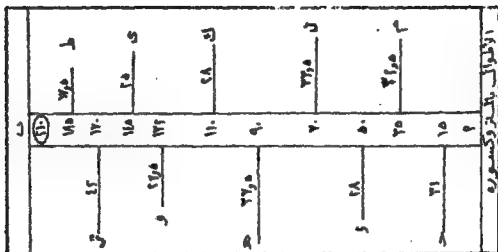
٣ - قيس خط على منحنى مائل بنسبة ١ : ٨ ، فكان طولها ١٧٢,٥ متراً ، فما طول هذا الخط على المستوى الأفقى ؟

٤ - قيس خط على أرض درجة إلتحارها ٧° ، فكان طولها ١١٢,٢٥ متراً. وعند إختبار الجزيرة وجد أن به عجلة زائدة ، فما هو الطول الحقيقي لهذا الخط ؟

٥ - عند قياس خط بين نقطتي أ ومنسوبها ١٢,٨٠ متراً ، ب ومنسوبها ٧,٣٠ أمطار وجد أن طولها ٧ طرحات ، وعلامة ذات سنين قبل المنتصف ، ٨ عجلات ونصف ، فما هو الطول الأفقى لهذا الخط ؟

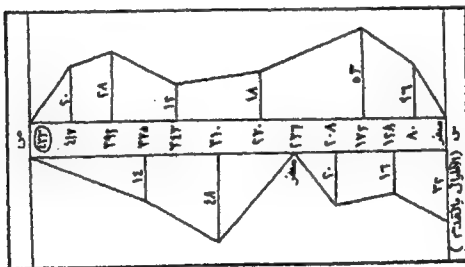
٦ - قيس خط بين نقطة م (ومنسوبها ٢٩,٨٠ متراً) ونقطة ن (ومنسوبها ٢٦,٤٠ متراً) فوجد أن طولها ١٢٦,٧٠ متراً. ثم اختبر الجزيرة فوجد أن طولها يزيد عن الحقيقة بمقدار ٤ سم. فما هو الطول الحقيقي الأفقى لهذا الخط ؟

٧ - بمقياس رسم ١ : ٨٠٠ ، ارسم قطعة الأرض المسجل أرسادها في صحيفة دفتر النبط الآتية شكل (٨٨) مع تقدير مساحتها بالأمتار المربعة من واقع الرسم والأرساد. مع عمل مقياس شبكى يقيس إلى نصف متر.



شكل رقم (٨٨)

٨ - الشكل الآتي (رقم ٨٩) يمثل صحيفة دفتر غيظ به أرساد لقطعة أرض استعمل شرط يقوس بالأقدام في رفعها. والمطلوب رسم حدود هذه الأرض بمقياس بوصة لكل ١٠ ياردات. ثم إيجاد مساحتها بالياردة المربعة.



شكل رقم (٨٩)

٩ - أثناء قياس مضلع بجنيزر طول الحقيقى ٢٤,٩٥ متراً، وجد أن أحد أضلاع هذا المضلع يجبل على المستوى الأفقى بمقدار ٦°، وكان طول الحقيقى على المستوى الأفقى ١٢٠ متراً، فما هو الطول الذى سنحصل عليه بهذا الجنيزر على هذا المستوى المائل.

١٠ - قطعة أرض مثلثة الشكل أبعادها كما قيست بالجنيزر ٦٧,٥ ، ١٠٧ ، ٨٨,٤ متراً. فإذا كان الجنيزر المستعمل به خطأ قدره ٥ - ستيمترات. لرسم أبعاد هذه الأرض الحقيقية على لوحة بمقياس رسم ١ : ٥٠٠.

١١ - قومت قطعة أرض بجنيزر بنقص عقلة كاملة، فكانت مساحتها طبقاً لهذا القياس ٤٢٢٥ متراً مربعاً. فما هى المساحة الحقيقية لهذه الأرض، إذا علمت بأنها مربعة الشكل.

١٢ - أ ب ج د حدود حديقة مستطيلة الشكل ، طول أ ب = ٩٦ متراً، طول ب ج = ٥٨ متراً. أنشئ سور فى داخلها يقسمها إلى قسمين. وكانت الاحداثيات الأفقية لهذا السور مأخوذة على مسافات متساوية على الخط أ ب كل ١٢ متراً وكانت كالأتى بالترتيب من نقطة أ إلى نقطة ب:

عند نقطة أ: ٥ ، أمتار، ١٤ ، ٢٢ ، ٢٧ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ١٨ ، ١٥ ، ثم عند نقطة ب ١٠ أمتار. لرسم الحديقة والسور على لوحة بمقياس رسم ١ : ٤٠٠ ثم لإيجاد مساحة كل قسم من الحديقة بالقيراط والسهم.

١٣ - الشكل (رقم ٩٠) عبارة عن صحيفة دفتر غيط لقطعة أرض تتوسطها حديقة. والمطلوب توقيع هذه الأرصاد على لوحة بمقياس ١ : ٦٠٠.

١٤ - صحيفة الغيط الآتية (شكل ٩١) أخذت أثناء رفع حديقة. والمطلوب توقيع هذه الحديقة على لوحة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ مع إيجاد مساحة المضلع الأساسى بالفدان وكسوره.

[illegible]

(۹۹) (۱۰۰) (۱۰۱)

[illegible]

الفصل الخامس

المساحة بالبوصله

تعتمد المساحة بالبوصله على قياس إلتحافات إلتجاهات الأهداف المرصودة عن إلتجاه الشمال المغناطيسى والذي يمكن تعيونه بالبوصله. إذ أنه إذا وضعت إبرة مغناطيسية حرة الحركة وغير متأثرة بعوامل مغناطيسية محلية - فإنها تتجه دائماً ناحية الشمال المغناطيسى.

ويختلف الشمال المغناطيسى عن الشمال الجغرافى. فالشمال الجغرافى (أو الشمال الحقيقى) ثابت فى إلتجاهه، وهو ذلك الإلتجاه أو الخط الواصل بين موقع الراصد والقطب الشمالى الفلكى للكرة الأرضية وهو دائرة العرض ٩٠° شمالاً حيث تلتقى كل خطوط الطول. لذلك عادة ما ينطبق هذا الإلتجاه على خطوط الطول. أما الشمال المغناطيسى فمتغير من زمن لآخر، وهو ذلك الإلتجاه أو الخط الواصل بين موقع الراصد والقطب المغناطيسى الشمالى الذى يقع (عام ١٩٦٠) فى بحر بوفورت فى أقصى شمال وسط كندا فيما بين جزر كوين إليزابيث (شماله) وجزيرة فيكتوريا إلى الجنوب الغربى منه عند تقاطع خط الطول ١٠٣° غرباً ودائرة العرض ٧٥° شمالاً تقريباً. بينما يقع القطب المغناطيسى الجنوبى إلى الجنوب من جزيرة تسمانيا على ساحل القارة القطبية الجنوبية أنتاركتيكا فى منطقة فيكتوريا لاند (تحت النفوذ الإسترالى) عند تقاطع خط الطول ١٤٥° شرقاً ودائرة العرض ٦٧° ٣٠ جنوباً تقريباً. وما من شك أن هذين الموقعين قد تغيرا فى الوقت الحاضر^(١). لذلك نلاحظ أن بعض الأماكن على سطح الكرة الأرضية لا ينطبق فيها إلتجاه الشمال المغناطيسى على إلتجاه الشمال الجغرافى. ونسمى الزاوية

(١) اكتشف موقع القطب الشمالى السيرروس Sir Ross عام ١٨٣١ وكان يقع عند تقاطع خط الطول ٩٦° ٢٠ غرباً مع دائرة ٧٠° ٥٠ شمالاً أما موقع القطب المغناطيسى الجبرى فقد اكتشفه شاكلتن Shackleton عام ١٩٠٩ وكان يقع عند تقاطع خط الطول ١٥٤° شرقاً مع دائرة العرض ٧٢° ٤٥ جنوباً.

الاشعة بين هذين الاتجاهين بزاوية الاختلاف المغناطيسى Angle of Magnetic Variation وهذه الزاوية تنسب فى تعيينها لإتجاه الشمال الجغرافى وقد تكون شرقه أو غربه.

ويمكن عن طريق البوصلة تعيين إنحرافات الأهداف أو المواقع عن إتجاه الشمال المغناطيسى، ويسمى هذا الإنحراف بالإنحراف الدائرى Circular Bearing ، ويكون دائماً فى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠°. ويمكن تحويل هذا الإنحراف المغناطيسى أو الدائرى إلى إنحراف جغرافى (أو حقيقى) عن طريق إضافة زاوية الاختلاف المغناطيسى إذا كانت شرقاً، أو طرحها إذا كانت غرباً. ويمكن الإعتماد على العلاقة الآتية:

الإنحراف الجغرافى = الإنحراف المغناطيسى \pm زاوية الاختلاف المغناطيسى

(+) إذا كانت زاوية الاختلاف المغناطيسى شرقاً، - إذا كانت هذه الزاوية غرباً).

وجدير بالذكر أن زاوية الاختلاف المغناطيسى فى أى مكان غير ثابتة على الإطلاق. فهى تتغير يومياً وسنوياً تبعاً لتغير موقع نقطة القطب الشمالى المغناطيسى نتيجة لدوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، كما أن هناك تغيراً قريباً Secular Variation يحدث كل عدة قرون بسرعة متغيرة يبلغ متوسطها ٨ دقائق سنوياً. فإذا سجلت زاوية الاختلاف المغناطيسى عند موقع وكانت غرب الشمال الجغرافى، يلاحظ أنها تتغير ببطء من الغرب إلى الشرق ثم تعود إلى الغرب. وتستغرق الدورة من أقصى نقطة فى الغرب إلى أقصى نقطة فى الشرق عدة قرون.

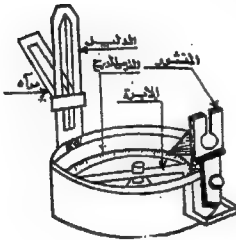
وهناك خرائط خاصة تعرف بالخرائط المغناطيسية تبين زوايا الاختلاف المغناطيسى فى الأماكن المختلفة على سطح الأرض. فنرسم خطوطاً متساوية Iso-lines، نمر بالأماكن التى تتسوى فى زاوية اختلافها المغناطيسى شرقاً أو غرباً، وتسمى بالخطوط الأيزوجونية Isogonic. أما الأماكن التى ينطبق فيها الشمال المغناطيسى على الشمال الجغرافى أى التى تكون زاوية الاختلاف المغناطيسى عندها صفراً، فتوصل بينها بخطوط تسمى الخطوط الأجونية Agonic Lines.

ومن هذه الخرائط المغناطيسية يمكن تحديد قيمة الإنحراف المغناطيسى لأى

مكان آخر بالتناسب وكذلك يحدد الاتجاه الجغرافى بالضبط بدون حاجة إلى إجراء أرصاء فلكية لهذا المكان لتحديد اتجاه الشمال الجغرافى الحقيقى.

فمثلاً من مراجعة الخريطة الأيروجونية التى أنشئت للعالم عام ١٩٢٧ يتضح أن زاوية الاختلاف المغناطيسى فى القاهرة كانت ٤٠ غرباً ومن الخريطة الأيروجونية التى أنشأتها مصلحة الطبيعيات للقطر المصرى عام ١٩٣٩ كانت زاوية الاختلاف المغناطيسى فى القاهرة ٢٠ شرقاً. فيكون التغير فى الانحراف المغناطيسى فى إثني عشر عاماً هو درجة كاملة أى بمعدل ٥ دقائق فى السنة من الغرب نحو الشرق.

البوصلة المنشورية Prismatic Compass

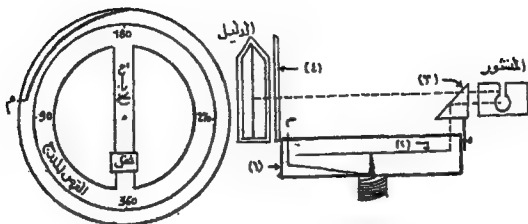


شكل رقم (٩٢) البوصلة المنشورية

تعتبر البوصلة المنشورية أهم أداة تستخدم فى إجراء المساحة بالبوصلة حيث أنها مزودة ببعض الأجزاء الإضافية التى يمكن عن طريقها قياس الانحرافات عن اتجاه الشمال المغناطيسى شكل رقم (٩٢).

وتتركب البوصلة المنشورية من الأجزاء الآتية شكل رقم (٩٣).

- ١ - علبة مستديرة من النحاس قطرها يتراوح بين ٦، ١٥ سم، لها غطاء من الزجاج لمنع تسرب الأتربة والرطوبة إلى داخلها. ومثبت فى مركز العلبة سن رأسى مدبب من المعيق لحمل الأبرة المغناطيسية. ويوجد مسمار (م) فى جانب العلبة يضغط عليه باليد فيضغط على القرص المدرج ويوقف اهتزازات الإبرة حتى يمكن أخذ القراءات بسهولة.



شكل رقم (٩٣) أجزاء البوصلة المنشورية

٢ - أبرة مغناطيسية عبارة عن صفيحة رقيقة من الصلب المغنط، مثبت عليها إطار رقيق من الألومنيوم. وهذا الإطار عبارة عن قرص مقسم إلى درجات وأجزائها في اتجاه عقرب الساعة. وسفر التدرج أمام اتجاه الجنوب. والأرقام مكتوبة على القرص بالمقلوب لتبدو صحيحة معتدلة عند النظر إليها في المنشور الزجاجي. ويوجد على الإبرة لقل لتوازن الإبرة وتلاشى زاوية الميل^(١).

٣ - منشور للاثي من الزجاج موضوع في غلاف معدني وله ثلاثة أوجه إحداها رأسياً ويحتوي على فتحة مستديرة لقراءة الانحرافات منها، يملؤه شرخ رأسى للرصد وتطبيق شجرة الدليل على الهدف، أما الوجه الأفقى المقابل لسطح العلبة فيحتوي على فتحة دائرية تسمح بمرور الأشعة من القرص فتسقط على السطح المائل للمنشور فتعكس إلى الفتحة الرأسية منها ومنها إلى العين. ويتصل المنشور بالعلبة بمفصلة حتى يمكن تطبيقه بجانبها عند عدم استعمال البوصلة، كما يوجد مسمار لرفع المنشور أو خفضه عن سطح العلبة تبعاً لقوة إحصار الراصد حتى يمكن قراءة تدرج القرص بوضوح.

٤ - دليل معدني مقابل للمنشور ومتصل بالعلبة بمفصلة. وهو على هيئة شبك

(١) ميل الأبرة المغناطيسية عن المستوى الأفقى إلى أسفل نحو القطب الشمالي الشمالى فى =

فى وسطه شعرة رأسية من السلك الرفيع لتوجيهها نحو الهدف أثناء الرصد. وقد توجد عليه مرآة تنزلق على الدليل لرصد النقاط المرتفعة أو المنخفضة.

٥ - تركيب البوصلة على حامل ذى ثلاث شعب مجهز بنظام خاص لجعل البوصلة أفقية أثناء الرصد.

وتوجد أنواع حديثة من البوصلة المنشورية منها ما هو مزود بمنظار أو مزود بأجزاء إضافية مثل الكليومتر. ويختلف تدريب القرص فى البوصلة حسب دقتها وتراوح بين ١٠ دقائق و ٣٠ دقيقة.

مزايا البوصلة:

* آلة صغيرة خفيفة الوزن بسيطة التركيب والعمل بها أسهل من الآلات الأخرى.

* تستخدم فى رفع المناطق صغيرة المساحة أو أخذ تفاصيل سريعة.

* تشمل كثيراً فى الأغراض الحربية لعمل الكروكيات الإسكتشات وللسير أثناء الليل.

* إنحراف أى خط يمكن الحصول عليه بوضع البوصلة فى أى نقطة عليه، وليس من الضروري وضع البوصلة عند طرف الخط، بشرط علم وجود جاذبية محلية عند هذه النقطة على الخط.

* الخطأ فى إنحراف أى خط لا يؤثر على إنحرافات بقية الخطوط أو الأهداف وبذلك لا تتراكم الأخطاء.

= نصف الكرة الشمالى، وإلى أسفل نحو القطب المغناطيسى الجنوبى فى نصف الكرة الجنوبى. ويسمى الزاوية التى تسهلها الأبرة عن المستوى الأفقى بزاوية الميل المغناطيسى Magnetic Dip قيمة هذه الزاوية تتراوح من صفر عند خط الإستواء (أى تكون أفقية تماماً)، إلى ٩٠ عند القطبين المغناطيسين الشمالى والجنوبى (أى تكون الأبرة فى وضع رأسى تماماً). ولجعل الأبرة أفقية وضع لقل فى أحد الطرفين (الطرف الجنوبى فى نصف الكرة الشمالى والعكس فى نصف الكرة الجنوبى).

عيوب البوصلة :

- * قراءة الانحرافات تقريبية للغاية ولذا فالعمل بها غير دقيق، ولا يمكن الاعتماد عليها إلا فى الأعمال التقريبية أو التمهيدية.
- * غير قابلة للضبط وإن كان لها تحقيق.
- * لا يمكن رصد الخطوط الطويلة بدون الإستعانة بمنظار.
- * خاضعة لتأثير الجاذبية المحلية.

قياس الانحرافات بالبوصلة

الانحراف الدائرى :

لقياس إنحراف أى خط وليكن أ ب شكل رقم (٩٤) عن الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة المنشورية نجري الآتى:

١ - نضع البوصلة المنشورية على حاملها مسامتة على النقطة أ بواسطة الخيط ونقل الشاغل.

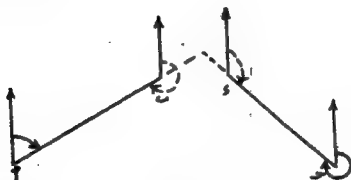
٢ - تضبط أفقية البوصلة حتى تكون الأبرة المغناطيسية حرة الحركة تماماً.

٣ - يوجه خط النظر بالبوصلة وهو الخط الواصل بين عین الراصد ماراً بالشرح الموجود فى أعلى المنشور ثم الشعرة الوسطى بالدليل - إلى الهدف أو الشخص الموجود فى نقطة ب.

٤ - ننظر خلال فتحة المنشور المقابلة لعین الراصد، وتدور القراءة المبينة على حافة القرص والتي تنطبق على إمتداد الشعرة إلى أسفل فتكون هذه القراءة هى الانحراف الأمامى للخط أ ب.

٥ - ولتعيين الانحراف الخلفى لهذا الخط، ننقل بالبوصلة إلى نقطة ب وبعد ضبط تسامتها وأفقيتها كما سبق أن ذكرنا، يوجه خط النظر إلى النقطة أ ويعين إنحراف أ. فيكون هو الانحراف الخلفى للخط أ ب، ويجب أن يكون مساوياً للانحراف الأمامى لهذا الخط السابق تعينه بعد طرح أو إضافة ١٨٠° إليه.

أى أن : الانحراف الأمامى = الانحراف الخلفى $\pm ١٨٠^\circ$
 (+) إذا كان الانحراف الخلفى أقل من ١٨٠° ، - إذا كان أكثر من ١٨٠° .



شكل رقم (٩٤)

أى أن : كل خط له انحرافان أحدهما أمامى والآخر خلفى . فيقال
 الانحراف الأمامى للخط أ ب مقاساً من أ ويقال الانحراف الخلفى للخط أ ب
 مقاساً من ب . أو العكس الانحراف الأمامى للخط ب أ مقاساً من ب والانحراف
 الخلفى للخط ب أ مقاساً من أ .

مثال : أنظر شكل رقم (٩٤)

الانحراف الأمامى للإتجاه أ ب = ٦٥°

∴ الانحراف الخلفى للإتجاه أ ب = $٦٥ + ١٨٠ = ٢٤٥^\circ$

الانحراف الأمامى للإتجاه ج د = ٣١٢°

∴ الانحراف الخلفى للإتجاه ج د = $٣١٢ - ١٨٠ = ١٣٢^\circ$

تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية :

يتضح مما سبق أن الفرق بين الانحرافين الأمامى والخلفى لأى ضلع ، يجب
 أن يكون ١٨٠° ولكن يحدث فى بعض الأحيان أن يزيد أو يقل هذا الفرق عن
 ١٨٠° . وتتعدد الأسباب التى تؤدى إلى حدوث مثل هذا الخطأ . فقد يكون نتيجة
 للمجاذبية المحلية - وهذا أهم الأسباب - بسبب وجود معادن حديدية تحت سطح

الأرض أو القرب من القضبان والمنشآت الحديدية والمواسير والأسوار الحديدية أو الأسلاك الكهربائية أو السيارات سواء الواقعة منها أو المتحركة، أو وجود الشريط الصلب أو الجنزير قريباً من مكان الرصد أو الأدوات الشخصية للراصد مثل «سلسلة المفاتيح» . مما يؤدي إلى التأثير على الأبرة المغناطيسية فينتج هذا الخطأ. ويصعب التخلص من الجاذبية المحلية وخصوصاً في المدن بسبب ما فيها من المنشآت التي يكثر استعمال الحديد فيها. ولذلك يقل استعمال الأجهزة التي بها إبرة مغناطيسية في المدن ، ويكثر في الجهات البعيدة عنها حيث تقل الجاذبية المحلية الناتجة من عنصر الحديد كما سبق أن أوضحنا. والمعادن بأنواعها - ما عدا النحاس - تؤثر في الإبرة المغناطيسية بدرجات متفاوتة، والحديد أشد المعادن تأثيراً فيها.

وقد يكون هذا الخطأ نتيجة أخطاء شخصية من الراصد نفسه، مثل قراءة الانحراف أثناء إهتزاز الإبرة أو التقرب في القراءات المرصودة أو الخطأ في القراءة نفسها. ويتم تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية - لمصحح الفرق بينهما 180° - بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ - طريقة المتوسطات :

يتم تصحيح الانحرافات بطرح الانحرافين الأمامي والخلفي من بعضهما وبذلك يتحدد مقدار الخطأ وما إذا كان بالزيادة أو النقص عن 180° . ثم نطبق القاعدة التالية:

(أ) مقدار الخطأ بالموجب (زيادة عن 180°) :

إذا كان الانحراف الأمامي أقل من 180° يضاف إليه نصف مقدار الخطأ ويطرح النصف الآخر من الانحراف الخلفي ويحدث العكس إذا كان الانحراف الأمامي أكثر من 180° .

(ب) - مقدار الخطأ بالسالب (أقل من ١٨٠°) :

إذا كان الانحراف الأمامي أقل من ١٨٠° يطرح منه نصف مقدار الخطأ ويضاف النصف الآخر إلى الانحراف الخلفي. ويجرى العكس إذا كان الانحراف الأمامي أكثر من ١٨٠°.

مثال :

قيست الانحرافات الدائرية الآتية بالبوصله المشورية والمطلوب تصحيحها.

الانحراف الخلفي	الانحراف الأمامي	الإتجاه
٢٢٥ ١٠	٤٦ ١٠	أ ب
٢٤٨ ٥٠	٦٨ ٣٠	ج د
٧٣ ٣٠	٢٥٣ ٠٠	س ص
١٢٩ ٤٠	٣١٠ ٢٠	ع ل

الإتجاه أ ب :

$$\text{الفرق بين الانحرافين} = ٢٢٥ ١٠ - ٤٦ ١٠ = ١٧٩ ٠٠$$

$$\text{مقدار الخطأ} = ١٧٩ ٠٠ - ١٨٠ ٠٠ = ١ ٠٠$$

$$\text{٠. التصحيح : نصف الخطأ} = ١ ٠٠ + ٢ = ٠٠ ٣٠$$

$$\text{٠. الانحراف الخلفي مصححاً} = ٢٢٥ ٠٠ + ٠٠ ٣٠ = ٤٥٣ ٠٠$$

الإتجاه ج د :

$$\text{الفرق بين الانحرافين} = ٢٤٨ ٥٠ - ٦٨ ٣٠ = ١٨٠ ٢٠$$

$$\text{مقدار الخطأ} = ١٨٠ ٢٠ - ١٨٠ ٠٠ = ٢٠ ٠٠$$

$$\text{٠. التصحيح : نصف الخطأ} = ٢٠ ٠٠ + ٢ = ٠٠ ١٠$$

$$\text{٠. الانحراف الأمامي مصححاً} = ٦٨ ٣٠ + ٠٠ ١٠ = ٦٨ ٤٠$$

$$\text{٠. الانحراف الخلفي مصححاً} = ٢٤٨ ٥٠ - ٠٠ ١٠ = ٢٤٨ ٤٠$$

الاتجاه من ص:

$$\begin{aligned}
 ١٧٩٢٠ &= ٧٣٢٠ - ٢٥٣٢٠ = \text{الفرق بين الانحرافين} \\
 ٠٠٣٠ &= ١٨٠٠ - ١٧٩٢٠ = \text{مقدار الخطأ} \\
 ٠٠١٥ &= ٢ \div ٠٠٣٠ = \text{التصحيح: نصف الخطأ} \\
 ٢٥٣١٥ &= ٠٠١٥ + ٢٥٣٠٠ = \text{الانحراف الأمامي مصححاً} \\
 ٧٣١٥ &= ٠٠١٥ + ٧٣٢٠ = \text{الانحراف الخلفي مصححاً}
 \end{aligned}$$

الاتجاه ع ل:

$$\begin{aligned}
 ١٨٠٤٠ &= ١٢٩٤٠ - ٣١٠٢٠ = \text{الفرق بين الانحرافين} \\
 ٠٠٤٠ &= ١٨٠٠ - ١٨٠٤٠ = \text{مقدار الخطأ} \\
 ٠٠٢٠ &= ٢ \div ٠٠٤٠ = \text{التصحيح: نصف الخطأ} \\
 ٣١٠٠٠ &= ٠٠٢٠ - ٣١٠٢٠ = \text{الانحراف الأمامي مصححاً} \\
 ١٣٠٠٠ &= ٠٠٢٠ + ١٢٩٤٠ = \text{الانحراف الخلفي مصححاً}
 \end{aligned}$$

٢ - طريقة الجاذبية المحلية Local Attraction

وتستخدم هذه الطريقة في مضلعات الترافيرس المقفل أو المفتوح. ولتصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية نبدأ في ضلع غير متأثر بالجاذبية المحلية، حيث يكون الفرق بين إنحرافه الأمامي والخلفي يساوي ١٨٠° تماماً. ومعنى ذلك أن كل الانحرافات التي ترصد من طرفي هذا الضلع تكون صحيحة ولا يجب تعديلها. ثم نبدأ التصحيح من أحد نهايتي الضلع بالنسبة للضلع الذي يليه فإذا كان هناك خطأ فإنه يحتمل على النقطة التالية للضلع سواء بالطرح (إذا كان الخطأ أكثر من ١٨٠°) أو بالجمع (إذا كان الخطأ يقل عن ١٨٠°). ويعرف مقدار الخطأ عند هذه النقطة «بقوة الجاذبية المحلية» وبالتالي فإن جميع الانحرافات المرصودة من هذه النقطة يضاف إليها أو يطرح منها قوة الجاذبية المحلية. كما سبق أن ذكرنا، وبالتالي يمكن تصحيح انحرافات الضلع الذي يليه وهكذا.

مثال :

فى ترافيرس مقفل أ ب ج د هـ أخذت الانحرافات الدائرية بالبوصلية المنشورية فكانت كما هو موضح فى الجدول التالى. والمطلوب تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية لأضلاع الترافيرس.

الاتجاه	الانحراف الأمامى	الانحراف الخلفى
أ ب	١٠	٢٤٣
ب ج	٣٠	٣٠٢
ج د	٥٥	٢٩
د هـ	٥٥	١٠٤
هـ أ	١٠	١٥٣

يتضح من جدول الأرصاد المذكور سابقاً أن الضلع ج د تنعدم فيه الجاذبية المحلية لأن الفرق بين إنحرافيه الأمامى والخلفى = 180° تماماً. ومن ثم نبدأ التصحيح من أحد طرفى هذا الضلع لأن الانحرافات المرصودة منها صحيحة. وعلى ذلك يكون الإنحراف الخلفى للضلع ب ج صحيحاً وكذلك الإنحراف الأمامى للضلع د هـ صحيحاً أيضاً.

نبدأ التصحيح من نقطة د وفى إتجاه عقرب الساعة.

الإنحراف الأمامى للضلع د هـ (من واقع الأرصاد) = $286^\circ 00'$

وهو إنحراف صحيح كما سبق أن أشرنا لعدم وجود جاذبية محلية عند نقطة د.

∴ الإنحراف الخلفى للضلع د هـ يجب أن يكون =

$$286^\circ 00' - 180^\circ 00' = 106^\circ 00'$$

ولكن الإنحراف الخلفى المرصود من نقطة هـ = $10^{\circ} 4' 15''$

نقطة هـ متأثرة بجاذبية محلية قوتها

$$= 10^{\circ} 4' 15'' - 10^{\circ} 6' 00'' = 1^{\circ} 45' 45''$$

أى أن كل الأرصاد المأخوذة من نقطة هـ متأثرة بقوة جاذبية محلية تجعل
الأرصاد المأخوذة عندها تنقص بمقدار $1^{\circ} 45'$. وبالتالى لتصحيح هذه الأرصاد
يجب إضافة مقدار هذه القوة المحلية ($1^{\circ} 45'$).

الإنحراف الأمامى هـ أمصحاً = $33^{\circ} 4' 10'' + 1^{\circ} 45' = 35^{\circ} 50''$

ويكون إنحرافه الخلفى = $35^{\circ} 50'' - 18^{\circ} 0' 00'' = 17^{\circ} 50''$

ولكن الإنحراف الخلفى للضلع هـ أ المرصود من نقطة أ = $15^{\circ} 3' 50''$
أى أن نقطة أ متأثرة بجاذبية محلية قوتها :

$$= 15^{\circ} 3' 50'' - 15^{\circ} 50' = 2^{\circ} 05'$$

وعلى ذلك يتم تصحيح الإنحرافات المأخوذة من نقطة أ بإضافة $2^{\circ} 05'$

فيصبح الإنحراف الأمامى للضلع أ ب = $6^{\circ} 10' + 2^{\circ} 05' = 8^{\circ} 15'$

وبالتالى يجب أن يكون إنحراف أ ب الخلفى مصححاً

$$18^{\circ} 0' 00'' + 8^{\circ} 15' = 26^{\circ} 15'$$

ولكن الإنحراف الخلفى للضلع أ ب المرصود هو = $26^{\circ} 43' 15''$

ومعنى ذلك أن نقطة ب متأثرة بقوة جاذبية محلية قدرها

$$= 26^{\circ} 43' 15'' - 26^{\circ} 15' = 28' 15'' = 0^{\circ} 28' 15''$$

وبالتالى يجب تصحيح الأرصاد المأخوذة عند نقطة ب بطرح $0^{\circ} 28' 15''$ منها فيصبح

إنحراف ب ج الأمامى مصححاً = $12^{\circ} 30' - 0^{\circ} 28' 15'' = 12^{\circ} 01' 45''$

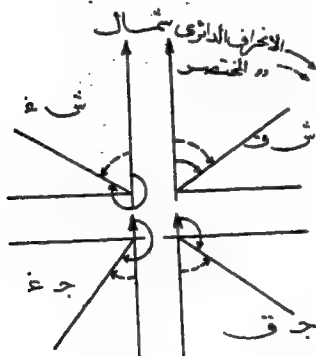
ويكون إنحرافه الخلفى مصححاً = $12^{\circ} 01' 45'' + 18^{\circ} 0' 00'' = 30^{\circ} 01' 45''$

وهذا يتفق مع الإنحراف الخلفى المرصود ب جـ من نقطة جـ والتي تتعلم فيها الجاذبية المحلية كما سبقت الإشارة.

والجدول التالى يوضح الأرصاد وتصحيحها.

الطلع	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى	الفرق	الإنحراف الأمامى مصححاً	الإنحراف الخلفى مصححاً	الفرق
أ ب	١٠ ٦٠	١٥ ٣٤٣	٠٥ ٦٨٣	١٥ ٦٢	١٥ ٦٤٢	٠٠ ١٨٠
ب جـ	٣٠ ١٢٣	٣٠ ٣٠٢	٠٠ ١٧٩	٣٠ ١٢٢	٣٠ ٣٠٢	٠٠ ١٨٠
جـ د	٥٥ ٢٠٩	٥٥ ٢٩	٠٠ ١٨٠	٥٥ ٢٠٩	٥٥ ٢٩	٠٠ ١٨٠
د هـ	٥٠ ٢٨٦	١٥ ١٠٤	٤٥ ١٨١	٥٠ ٢٨٦	٥٠ ١٠٤	٠٠ ١٨٠
هـ أ	١٠ ٣٣٤	٥٠ ١٥٣	٢٠ ١٨٠	٥٥ ٢٣٥	٥٥ ١٥٥	٠٠ ١٨٠

الإنحراف المختصر Reduced Bearing



فى بعض الأحيان يحتاج العمل لإيجاد النسب المثلثية للإنحرافات الدائرية، ولتفادى الخطأ فى استخراج النسب المثلثية للإنحرافات الدائرية التى تزيد قيمتها عن 90° ، يستخدم الإنحراف المختصر. فإذا كان الإنحراف الدائرى يزيد عن 90° فإنه يلزم البحث عن الزاوية التى تقع بين صفر، 90° وتكون نسبها المثلثية مساوية للإنحراف الدائرى

فى القيمة العددية. وتسمى هذه شكل رقم (٩٥) الإنحراف الدائرى والمختصر

الزاوية بالإنحراف المختصر. وهى الزاوية المحصورة بين إتجاه الشمال المغناطيسى أو إتجاه الجنوب المغناطيسى والضلع المطلوب تعيين إنحرافه المختصر.

وتقسم الدائرة إلى أربع أقسام تتحدد بتقاطع محورين أحدهما رأسى وهو إتجاه الشمال والجنوب (المغناطيسى) والآخر أفقى وهو إتجاه الشرق والغرب. ولكل ربع من الدائرة طريقة معينة فى القياس شكل رقم (٩٥).

أ- فى الربع الأول : يقاس الإنحراف المختصر من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى 90° . ويميز الإنحراف المختصر فى هذا الربع بالرمز ش ق أى شمال شرق، وهو يساوى الإنحراف الدائرى إذا كان أقل من 90° .

ب- فى الربع الثانى : يقاس الإنحراف المختصر ابتداء من إتجاه الجنوب وفى إتجاه ضد عقرب الساعة من صفر إلى 90° . ويتميز هذا الإنحراف بالرمز ج ق أى جنوب شرق. ويحول الإنحراف الدائرى إذا كان يتراوح بين 90° ، 180° إلى إنحراف مختصر وذلك بطرح الإنحراف الدائرى من 180° .

ج- فى الربع الثالث : يقاس الإنحراف المختصر ابتداء من إتجاه الجنوب وفى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى 90° ، ويميز بالرمز ج د أى جنوب غرب. ويمكن تحويل الإنحرافات الدائرية من 180° إلى 270° إلى إنحرافات مختصرة حيث أنها تقع فى هذا الربع وذلك بطرح 180° من قيمة الإنحراف الدائرى فيكون الناتج الإنحراف المختصر.

د- فى الربع الرابع : يقاس الإنحراف المختصر ابتداء من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه ضد عقرب الساعة من صفر إلى 90° ، ويميز بالرمز ش غ أى شمال غرب. وتحول الإنحرافات الدائرية التى تقع فى هذا الربع والتى تتراوح بين 270° ، 360° إلى الإنحراف مختصر بطرحها من 360° .

مثال :

حول الإنحرافات الدائرية التالية إلى إنحرافات مختصرة :

$$^{\circ} 312 \text{ } ^{\circ} 20 \text{ } ^{\circ} 53 \text{ } ^{\circ} 50 \text{ } ^{\circ} 147 \text{ } ^{\circ} 40 \text{ } ^{\circ} 239 \text{ } ^{\circ} 30$$

* الإنحراف الدائرى $^{\circ} 20 \text{ } ^{\circ} 53$ يقع فى الربع الأول.

∴ إنحرافه المختصر = ش $^{\circ} 20 \text{ } ^{\circ} 53$ ق.

* الإنحراف الدائرى $^{\circ} 50 \text{ } ^{\circ} 147$ يقع فى الربع الثانى.

∴ إنحرافه المختصر = $^{\circ} 180 - ^{\circ} 50 - ^{\circ} 147 =$ جـ $^{\circ} 10 \text{ } ^{\circ} 32$ ق

* الإنحراف الدائرى $^{\circ} 40 \text{ } ^{\circ} 239$ ويقع فى الربع الثالث

∴ إنحرافه المختصر = $^{\circ} 40 - ^{\circ} 239 - ^{\circ} 180 =$ جـ $^{\circ} 40 \text{ } ^{\circ} 59$ غـ

* الإنحراف الدائرى $^{\circ} 30 \text{ } ^{\circ} 122$ يقع فى الربع الرابع.

∴ إنحرافه المختصر = $^{\circ} 360 - ^{\circ} 30 - ^{\circ} 122 =$ ش $^{\circ} 30 \text{ } ^{\circ} 47$ غـ

رفع منطقة باستخدام البوصلة المنشورية

تستخدم البوصلة المنشورية فى إجراء عمليات رفع الأرضى الصغيرة المساحة وكذلك فى الأعمال المساحية التمهيدية حيث أنها ليست دقيقة بالدرجة التى يمكن الإعتماد على نتائجها. وتختلف الطرق التى تتم بها عمليات الرفع باختلاف طبيعة المنطقة واتساعها والظواهر الموجبة والسالبة فيها.

وفيما يلى عرض لهذه الطرق والعوامل التى تؤدى إلى إختيار أحدها وميزات وعيوب كل منها.

١ - طريقة الثبات أو الإشعاع :

تستخدم هذه الطريقة إذا كانت المنطقة المراد رفعها صغيرة المساحة، ويمكن رؤية ورصد إنحرافات كل الظاهرات والأهداف أو النقاط المحددة لها من موقع واحد يمكن الوقوف فيه، وغير متأثر بالجاذبية بقدر الإمكان، ويمكن القياس المباشر منه بالشريط إلى كافة الظاهرات والأهداف الموجودة بالمنطقة المطلوب رفعها وتحديد مواقعها.

ومميزات هذه الطريقة أنه يتم أخذ جميع الإنحرافات بالبوصله من النقطة الأساسية دون اللجوء إلى أخذ إنحرافات خلفية وبالتالى التخلص من عمليات تصحيح الإنحرافات الدائرية. فلك لأنه إذا كان هناك أى تأثير محلى على الإنحرافات الدائرية المأخوذة بالبوصله المنشورة من هذا الموقع، فإن هذا التأثير يكون واحداً على كل الإنحرافات الدائرية المرصودة، وبالتالى يمكن إهماله. كما أنه من مميزات هذه الطريقة أيضاً أنه لا ينشأ عن إستخدامها خطأ قفل. إلا أنه من أهم عيوب طريقة الثبات، كثرة القياس المباشر بين النقطة الأساسية وباقى الظاهرات المطلوب رفعها، مما يستتفز جهداً كبيراً، خاصة إذا كانت الأطوال المقاسة أطول من طول الشريط المستخدم، مما يؤدي إلى ضرورة إجراء عملية التوجيه فى مثل هذه الحالات، وإحتمال الخطأ فى أطوال الاتجاهات المرصودة أو عدم دقتها.

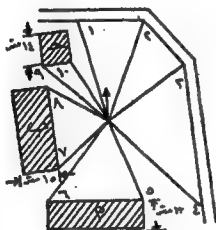
طريقة العمل :

١ - يقسم دفتر الخيط إلى صفحتين متقابلتين: يرسم فى إحدهما كروكى للمنطقة المراد رفعها وم قع النقطة الأساسية المختارة، وتسمى بنقطة الثبات. ويستحسن أن يكون موقعها فى منتصف المنطقة حتى يمكن منها رؤية جميع الأهداف. ويصمم جدول فى الصفحة المقابلة من أربع خانات رأسية: الاتجاه - الإنحراف عن الشمال المغناطيسى - الطول - ملاحظات، أنظر شكل رقم (٩٦).

٢ - توضع البوصلة المنشورية على الحامل الخاص بها وتسامت فوق النقطة الأساسية وتضبط أقيتها إما بالنظر أو باستخدام ميزان المياه.

٣ - توجه البوصلة المنشورية إلى الظاهرات والأهداف المطلوب رفعها في المنطقة ابتداء من اتجاه الشمال المغناطيسي تقريباً ومع اتجاه عقرب الساعة.

٤ - ترقم الأهداف أو الاتجاهات المطلوب رصدتها في الكروكي وفي الجدول المقابل له، ويسجل أمام كل اتجاه إنحرافه الدائري وطوله (المسافة من النقطة الأساسية حتى الهدف) وملاحظات الراصد عن الهدف المرصود. ويراعى أن يكون تسجيل أرقام الاتجاهات على الكروكي وفي الجدول في آن واحد عند الرصد، حتى لا يكون هناك أى اختلاف بين الكروكي وجدول الأرصاد في حالة رصد أحد الاتجاهات.



الترقيم	الملاحظات	الطول	الارتفاع
١	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٢	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٣	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٤	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٥	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٦	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٧	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٨	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
٩	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
١٠	بناية الخزانة	٢٥٠	١٠
ب	ب	ب	ب

شكل (٩٦)

٥ - بعد إتمام عملية الرصد في الحقل يأتي بعد ذلك توقيع الأرصاد المدونة في دفتر الغيط على الخريطة أو اللوحة المراد إنشاؤها. ويتم اختيار مقياس رسم مناسب، أو تبعاً لمقياس الخريطة الأصلي. ويجرى الآتي:

- تحدد موقع النقطة الأساسية ويرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى. وفى حالة تحديد موقع هذه النقطة على الخريطة يرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى الخاص بالخريطة.

- من هذا الإتجاه الشمالى المغناطيسى، نبدأ فى توقيع الإنحرافات الدائرية للإتجاهات المدونة فى جدول الأرصاد، باستخدام المنقلة التى ينطبق مركزها على النقطة الأساسية وصفرها على إتجاه الشمال المغناطيسى، فنتتج أشعة تتحدد أطوالها بالأطوال الموجودة فى الجدول أمام كل إتجاه طبقاً لمقياس الرسم المنتخب، فتعين بذلك مواقع الظاهرات أو الأهداف.

- تحجر الخريطة وتبين الظاهرات المختلفة تبعاً للرموز الخاصة بكل منها، ويتم محو خطوط الإتجاهات أو الأشعة السابق رسمها.

٢ - طريقة التقاطع :

تستخدم هذه الطريقة فى حالة رفع مضلع ترافيرس مقفل، وكانت خطوط هذا المضلع تعترضها عوائق سالبة كالبرك والمستنقعات التى لا تمنع رؤية الأهداف. وإن كانت تمنع القياس المباشر، أو كانت أطوال أضلاع هذا الترافيرس كبيرة نسبياً يصعب معه قياسها بدقة فضلاً عن إجراء عملية التوجيه أثناء القياس التى تستلزم وقتاً وجهداً كما أن نتائج القياس تكون غير دقيقة وتقل دقتها كلما زاد طول المضلع.

ويشترط لتنفيذ طريقة التقاطع إمكان رؤية جميع نقط المضلع أو الهيكل من نقطتين رئيسيتين قد يكونا داخل المضلع أو خارجه أو نقطتين من رؤوس المضلع نفسه. كما يشترط إمكان قياس المسافة بين هاتين النقطتين قياساً مباشراً ودقيقاً. وتسمى المسافة بين هاتين النقطتين بخط القاعدة.

وميزة هذه الطريقة عدم القياس المباشر بين جميع الأضلاع والاكتفاء بقياس خط القاعدة فقط وخط آخر من أضلاع الترافيرس للتحقيق، كما أنه لا ينتج عند القيام بها خطأ القفل. كما يمكن استخدام هذه الطريقة فى رفع أهداف أو تفاصيل لا يمكن الوصول إليها.

طريقة العمل :

١ - يقف الراصد عند أحد طرفي القاعدة (ولتكن نقطة س) ويقوم برصد الانحرافات الأمامية بالبوصله المنسوبة لنقط رؤوس المضلع من النقطة الواقف عليها، وكذلك الانحراف الأمامي لخط القاعدة نفسه.

٢ - ينتقل الراصد إلى الطرف الآخر من خط القاعدة (نقطة ص) ويرصد الانحرافات الأمامية لنفس رؤوس المضلع من هذه النقطة وكذلك الانحراف الخلفي لخط القاعدة.

٣ - يتم قياس طول خط القاعدة س ص قياساً مباشراً دقيقاً. أنظر شكل رقم (٩٧).

٤ - يبدأ بعد ذلك الراصد في إحلال كل نقطة من نقط مضلع الترافيس، وترفع الظاهرات المحيطة بها والأهداف المطلوب رفعها بطريقة الثبات السابق ذكرها.

٥ - من واقع الأرصاد المدونة والمعلومات المخزنة الخاصة بهيكل الترافيس، نبدأ في رسمه بكل دقة تبعاً للخطوات التالية:

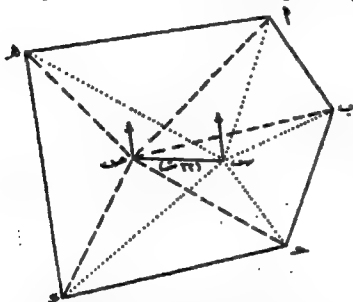
* يختار مقياس رسم مناسب لمساحة اللوحة التي سيتم الرسم عليها وفي مكان مناسب منها توقع نقطة س ويرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى، ومنه تقاس زاوية تساوى الانحراف الأمامي لخط القاعدة س ص بالمنقلة ويقاس على هذا الانحراف طولاً يساوى خط القاعدة س ص على الطبيعة تبعاً لقياس الرسم، فتحدد نهاية هذا الخط نقطة ص.

* يرسم من نقطة س أشعة تمثل الانحرافات الدائرية لنقط رؤوس المضلع السابق رصدها عن إتجاه الشمال المغناطيسى.

* تنتقل إلى نقطة ص ومنها يرسم إتجاه الشمال المغناطيسى موازاً لنفس الإتجاه السابق رسمه عند نقطة س. ومنه نقيس - بالمنقلة - زاوية تساوى زاوية الانحراف الخلفي للخط س ص، فتجد أنها تتطبق على إتجاه الخط س ص. ومن إتجاه الشمال المغناطيسى عند نقطة ص نرسم أشعة تمثل

الإنحرافات الدائرية لنقط رؤوس المضلع عن إجهاد الشمال المغناطيسى
والسابق رصدها فى الطبيعة من نقطة ص.

شكل (٩٧)



رفع مضلع
طريقة التقاطع

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح
٣٠٧	٢٥٦	١٦٤	٧٢	٢٤٨	٨٨	-	س
٢٤٩	٢١٨	١٤٢	٨٢	١٧	-	٢٧٥	ح

* يتلاقى كل شعاعين يمثلان أحد رؤوس المضلع والمرسومين من نقطتى
س، ص فى نقطة، فتكون هذه النقطة هى مكان رأس المضلع. وتصل بين
هذه الرؤوس فنحدد بذلك شكل المضلع، ومنه نستطيع أن نعرف أطوال
كل ضلع من أضلاع هذا الترافيرس تبعاً لمقياس الرسم المنتخب.

* نبدأ بعد ذلك فى توقيع الظواهرات المختلفة السابق رصدها من كل نقطة
من رؤوس المضلع بطريقة الثبات كما سبقت الإشارة.

٣ - طريقة اللف والدوران :

يستخدم هذه الطريقة فى حالة ما إذا كانت المنطقة المراد رفعها متسعة
المساحة وتوجد فيها عوائق كثيرة تمنع رؤية النقط كلها من نقطة واحدة أو
نقطتين. فإذا كانت المنطقة محددة بالمضلع أ ب ج د هـ مثلاً، يراعى عند
إختيار رؤوس هذا المضلع أنه عند الوقوف على أى من هذه النقط، يمكن رؤية

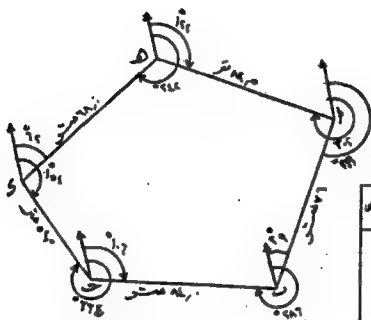
النقطة التى تليها والنقطة السابقة لها. فمثلاً إذا وقفنا فى نقطة أ فإننا نرى نقطتى ب، هـ. كما يشترط للعمل بهذه الطريقة إمكان قياس الخطوط بين هذه النقط قياساً مباشراً. وتستخدم طريقة اللف والدوران فى توقيع هياكل الترافيرسات فقط، أما تحشية التفاصيل فإنها تتم إما بطريقة الثبات أى إحلال كل نقطة من رؤوس نقطة المضلع ورفع التفاصيل والأهداف الموجودة حوله أو بطريقة التقاطع عن طريق اعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس كخط قاعدة أو باعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس خط جنزير وإجراء التحشية عليه للظواهرات المطلوب رفعها بإقامة الأحداثيات الأفقية وقياس أطوالها.

ومن عيوب طريقة اللف والدوران أنه ينشأ عند توقيع المضلع المقفل ما يسمى بخطأ القفل. وهو خطأ ينشأ نتيجة لعدم الدقة فى قياس أطوال أضلاع الترافيرس من ناحية، بالإضافة إلى الأخطاء الناجمة عن قياس الانحرافات الأمامية والخلفية للأضلاع عن الشمال المغناطيسى بسبب الجاذبية المحلية من ناحية أخرى وعدم دقة الأرصاد المأخوذة بالبوصله من ناحية ثالثة. ويتميز تصحيح خطأ القفل إذا كان مسموحاً به، أما إذا كان غير مسموح به فإنه يجب إعادة العمل مرة أخرى.

طريقة العمل :

١ - يتم إنشاء جدول فى دفتر النيط خاص بالترافيرس مكون من الخانات الرأسية الأمامية : الضلع - الطول - الانحراف الأمامى - الانحراف الخلفى - ملاحظات، وفى الصفحة المقابلة لهذا الجدول يرسم كروكى للمضلع. أنظر شكل رقم (٩٨).

٢ - توضع البوصله المنشورية فوق نقطة أ، وتضبط أفقيته وتسامتها. ثم توجه البوصله تجاه نقطة هـ ويقرأ تدريج القرص فتكون هذه القراءة عبارة عن الانحراف الخلفى للضلع هـ أ. ثم توجه البوصله نحو نقطة ب، ويقرأ تدريج القرص، فينتج الانحراف الأمامى للخط أ ب. تدون هذه الانحرافات فى الجدول



الضلع	الطول بالتر	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي
أ ب	٦٠ متر	٦٠١	٦١
ب جـ	٨٤٠	٦٨٦	١٠٦
جـ د	٤٩٥	٣٣٤	١٥٤
د هـ	٦٨٠	٦٢	٢٤٢
هـ أ	٨٤٥	١٢٢	٣٠٢

شكل رقم (٩٨)

كروكي تواليس مقلد

في الأماكن الخاصة بها. يقاس طول أ ب، وتجري عليه التحشية اللازمة للظواهر والأهداف الموجودة في الطبيعة على جانبي الخط أ ب وتدون في دفتر الخيط بالطريقة المعتادة، كما سبق أن أشرنا بإعتبار هذا المضلع خط جزير.

٣ - نتقل إلى نقطة ب. ونضع عليها البوصلة المنشورية مع مراعاة ضبط أفقيتها. واتمتها. وتوجه البوصلة إلى نقطة أ فنحصل على الانحراف الخلفي للمضلع أ ب، ثم توجه البوصلة إلى نقطة جـ فنحصل على الانحراف الأمامي للمضلع ب جـ، يقاس الضلع ب جـ وتدون هذه الأرصاد في الجدول. ثم تحشى الظواهر والتفاصيل على جانبي الضلع ب جـ.

٤ - نتقل إلى نقطة جـ. ونضع فوقها البوصلة المنشورية وتوجه إلى نقطة ب فنحصل على الانحراف الخلفي للمضلع ب جـ، ثم توجه إلى نقطة د فنحصل على الانحراف الأمامي للمضلع جـ د. ويقاس طول الضلع جـ د ويتم تحشية التفاصيل على جانبيه.

٥ - يكرر هذا العمل بعد ذلك فى باقى رؤوس المضلع حتى تصل إلى نقطة هـ وتوجه البوصلة إلى نقطة د فنحصل على الإنحراف الخلقى للمضلع دهـ، ثم توجه إلى النقطة أ فنحصل على الإنحراف الأمامى للمضلع هـ أ، مع إجراء التحشية اللازمة للظواهرات والتفاصيل المطلوب رفعها على جانبى كل ضلع وتدوينها فى دفتر الغيظ.

وبذلك يتم رفع هيكل المنطقة (المضلع) من الطبيعة إلى دفتر الغيظ ممثلاً فى الجدول والكروكي كما فى الشكل رقم (٩٨) وكذلك تفاصيل المنطقة ممثلة فى الأرصاء المدونة فى صفحات دفتر الغيظ لكل ضلع من الأضلاع.

٦ - ولتوقيع هيكل المنطقة وبيان تفاصيل الظواهرات المرفوعة من الطبيعة على لوحة الرسم، يجرى الآتى:

* تصحح أولاً الإنحرافات الأمامية والخلفية لأضلاع الترافيرس (إذا كان هناك خطأ) بإحدى طرق التصحيح السابق ذكرها.

* نرسم شمالاً مغناطيسياً عاماً للوحة.

* نختار نقطة مناسبة لتكون موقعاً لمنطقة أ. ونرسم منها إتجاه الشمال المغناطيس موازياً الشمال المغناطيسى العام. ونقيس بالمتقلة زاوية تساوى زاوية الإنحراف الأمامى للمضلع أ ب من هذا الشمال المغناطيسى (بعد تصحيح الإنحرافات) ثم نعد شعاعاً طوله يساوى الضلع أ ب تبعاً لمقياس الرسم المنتخب، فتكون نهايته هى نقطة ب.

* من نقطة ب، نرسم إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى العام. ونقيس منه زاوية تساوى الإنحراف الأمامى للمضلع ب جـ. ونعد شعاعاً طوله يساوى ب جـ على الطبيعة طبقاً لمقياس الرسم. فنحدد بذلك نقطة جـ.

* نكرر العمل فى باقى الترافيرس. فيجب أن تنطبق نقطة أ الأخيرة على نقطة أ السابق البدء منها وإلا نشأ لدينا ما يسمى بخطأ القفل.

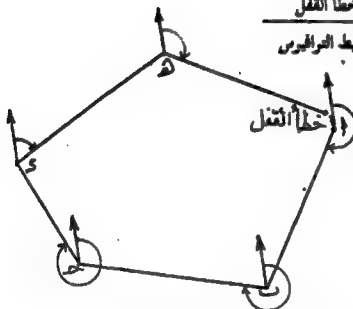
- * بعد تصحيح خطأ القفل إذا وجد كما سنذكر فيما بعده تجرى التحشية على كل خط من خطوط المضلع من واقع الإحداثيات والأرصاء المدونة في دفتر الغيط للظواهر والأهداف السابق رصدها أثناء العمل الحقلى.
- * تخبر الخريطة تبعاً للرموز المختلفة للظواهر وتمشى خطوط الإحداثيات.

تصحيح خطأ القفل :

نتيجة للأخطاء التى قد تحدث فى قياس الأطوال والانحرافات ، بالإضافة إلى عدم الدقة فى التوقيع والرسم ، ينتج خطأ القفل كما فى الشكل (رقم ٩٩) . ويجب ألا يزيد طول خطأ القفل عن نسبة معينة من مجموع أطوال المضلع كله وإلا يعاد العمل مرة أخرى .

وخطأ القفل المسموح به فى البوصلة كما يلى :

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{طول خطأ القفل}}{\text{طول محيط الترافيرس}}$$



ونسبة الخطأ المسموح به فى الأرضى الوعرة حيث تقاس الأطوال بالجنيز ١ : ٣٥٠ .

ونسبة الخطأ المسموح به فى المدن والأرضى الزراعية المبسطة حيث تقاس الأطوال بالشرط ١ : ٥٠٠ .

شكل رقم (٩٩) مضلع مقفل به خطأ قفل

ويعتمد تصحيح خطأ القفل على أساس الطريقة التى ابتكرها العالم الرياضى بودتش (عام ١٨٠٧) . وفيها يوزع الخطأ على كل ضلع بنسبة طوله إلى مجموع أطوال محيط المضلع .

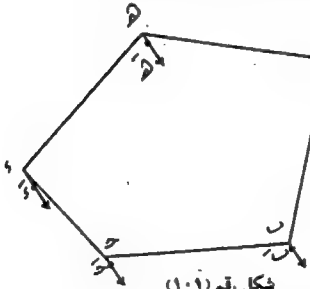
ولتصحيح خطأ القفل ، أى حتى تنطبق نقطتى البداية والنهاية على بعضهما

نجري الخطوات التالية :

- * نرسم خطاً مستقيماً مساوياً لطول محيط المضلع أ ب ج د هـ أ، ونحدد عليه أطوال الأضلاع أ ب، ب ج، ج د، د هـ، هـ أ.
- * نقيم العمود ١ ٢ من نقطة أ طوله بمعدل طول خطاً القفل.
- * نصل بين نقطة أ ونهاية العمود أ أ فيتكون لدينا مثلث.
- * نقيم أعمدة من النقط ب، ج، د، هـ، حتى يتلاقى كل منها مع الخط أ أ كما في الشكل رقم (١٠٠) فتصبح هذه الأعمدة هي مقدار التصحيح أى المسافة التى يجب أن تتحركها نقط رؤوس المضلع حتى يقلل الشكل ويصبح صحيحاً.

شكل رقم (١٠٠) توزيع خطأ القفل على أضلاع التراميز

هـ - ولزحزحة نقط رؤوس المضلع. نرسم على المضلع خطاً القفل ١ ٢. وذلك برسم خط يصل بين هاتين النقطتين ونعين إتجاهه بسهم من نقطة النهاية إلى نقطة البداية.

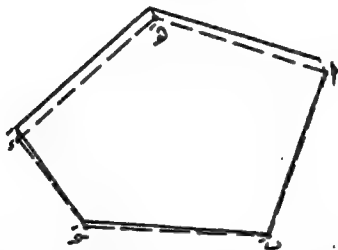


- * نرسم من النقط ب، ج، د، هـ خطوطاً توازى خطاً القفل، وفى نفس إتجاهه. ونعين على هذه الإتجاهات الأطوال ب ب، ج ج، د د، هـ هـ من نقطة ب، ج، د، هـ من نقطة د، هـ هـ من نقطة هـ كما في الشكل رقم (١٠١) وهى الأطوال السابق إستنتاجها عند رسم المثلث ١ ٢ ٣.

شكل رقم (١٠١)

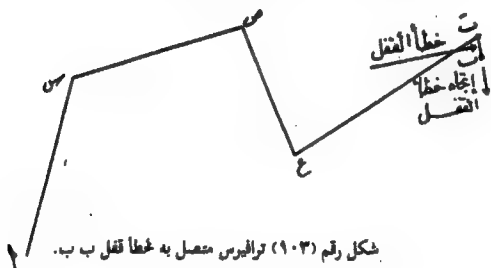
نعين إتجاه ومقدار زحزحة رؤوس المضلع

* يتم التوصليل بين النقط أ، ب، ج، د، هـ ثم أ فينتج لنا المضلع مصححاً
بعد تلاشي خطأ القفل. ويوضح ذلك الشكل رقم (١٠٢)

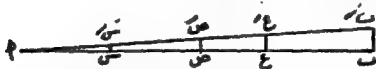


شكل رقم (١٠٢) المضلع بعد تصحيح خطأ القفل (الخطوط المتقطعة):

وفي الترايفيرس المتصل، أى الذى يبدأ من نقطة وتنتهى عند نقطة أخرى غير
التي بدأنا منها، والنقطتان محددتان من قبل على الخريطة أو معروف إحداثياتهما
من قبل. تتخذ نفس الخطوات السابقة، كما فى الأشكال الآتية (أرقام ١٠٣،
١٠٤، ١٠٥).

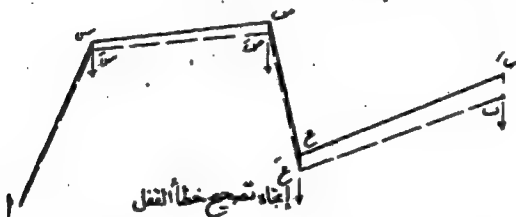


حيث أن الشكل رقم (١٠٣) يوضح الترافيرس متصل بدأ من نقطة أ وانتهى إلى النقطة ب التي لم تنطبق على نقطة ب الأصلية، ماراً بالنقط الجديدة س، ص، ع، والشكل رقم (١٠٤) يوضح مقدار ما تتحمله كل نقطة من النقط الجديدة س، ص، ع من الخطأ ومقدار زحزحة كل منها.



شكل رقم (١٠٤) توزيع خطأ القفل على أضلاع الترافيرس

والشكل رقم (١٠٥) يبين أضلاع الترافيرس المتصل بعد تصحيحها وزحزحة النقط الجديدة إلى س، ص، ع على التوالي.

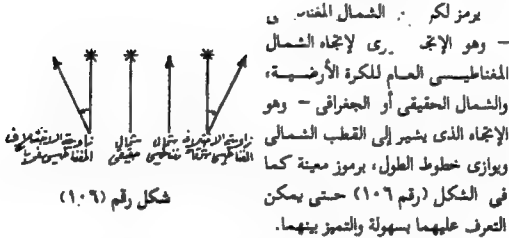


شكل رقم (١٠٥) الترافيرس المتصل بعد تصحيحه (الخطوط المقطعة)

وهناك طريقة أخرى لتصحيح خطأ القفل ورسم المضلع المقبول أو المتصل مصححاً، وتسمى طريقة الإحداثيات. وهي طريقة رياضية تعتمد على إعتبار أن الخطأ ناتج عن أخطاء قياس أطوال الأضلاع فقط، وسوف نشرح بالتفصيل إليها عند دراستنا لتصحيح خطأ القفل للترافيرس المرفوع بجهاز التودوليت، حيث تكون الزوايا المقاسة دقيقة ولا تستخدم طريقة الإحداثيات في تصحيح أخطاء القفل الناتجة عن الرفع بالبوصلية المنشورية نظراً لعدم الدقة في قياس الانحرافات المرصودة من ناحية والجهد الرياضى المبذول في حساب المركبات الرأسية والأفقية وإحداثيات نقط الترافيرس من ناحية أخرى.

أمثلة وتعاريف

أولاً : الشمال الحقيقي والمغناطيسي . .



والزاوية المحصورة بين الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي تسمى زاوية الاختلاف المغناطيسي. وهذه الزاوية متغيرة من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية، ففي بعض الأحيان يكون اتجاه الشمال المغناطيسي شرق اتجاه الشمال الحقيقي فيعبر عن زاوية الاختلاف المغناطيسي بينهما بأنها (شرقاً) والعكس إذا كان اتجاه الشمال المغناطيسي غرب الشمال الحقيقي، فتعتبر زاوية الاختلاف المغناطيسي غرباً. كما أن زاوية الاختلاف المغناطيسي ليست ذات مقدار ثابت.

١ - تحويل الإنحرافات المغناطيسية إلى إنحرافات حقيقية:

حول الإنحرافات المغناطيسية الآتية إلى إنحرافات حقيقية بإعتبار أن درجة الاختلاف المغناطيسي هي 5° غرباً ثم إعتبارها 6° شرقاً. 163° ، 42° ، 4° ، 276° ، 356° ، 360° .

نجد أن هذا الشمال ينقسم إلى جزئين، الأول بإعتبار درجة الاختلاف المغناطيسي 5° غرباً ومعنى ذلك أن يكون اتجاه الشمال المغناطيسي غرب الشمال الحقيقي بمقدار 5° ، أما الجزء الثاني فهو على العكس، إذ أن اتجاه الشمال المغناطيسي شرق اتجاه الشمال الحقيقي بمقدار 6° .

وبالنسبة للجزء الأول من المثال :

نختار نقطة مناسبة ثم نرسم منها إتجاه الشمال الحقيقي بعلامته المميزة، ثم نقيس بالمنقلة - مراعين أن يكون مركزها على النقطة وصفرها منطبقاً على إتجاه الشمال الحقيقي - زاوية قدرها 5° في إتجاه الغرب (عكس إتجاه عقرب الساعة) وبذلك نكون قد حددنا إتجاه الشمال المغناطيسى، فنقوم برسمه بعلامته المميزة.

نثبت مركز المنقلة على النقطة التى تمثل رأس زاوية الاختلاف المغناطيسى، ثم نثبت صفر المنقلة على إتجاه الشمال المغناطيسى، ثم نقيس الانحراف 42° ونمد خطاً. ولقياس الانحراف الحقيقى لهذا الخط نقيس الزاوية بين إتجاه الشمال الحقيقى وهذا الخط فنجد أنها تتقص عن الانحراف المغناطيسى بخمسين درجاة، أى تكون بالقياس 37° (شكل ١٠٧).

أى أن الانحراف الحقيقى = الانحراف المغناطيسى - زاوية الاختلاف المغناطيسى غرباً
 \therefore الانحراف الحقيقى = $42 - 5 = 37^\circ$

وعلى هذا الأساس تكون الانحرافات الحقيقية لباقى الانحرافات المغناطيسية بالمثال كالتالى :



$$163 - 108 = 55$$

$$271 - 241 = 30$$

$$271 - 241 = 30$$

$$341 - 306 = 35$$

$$355 - 325 = 30$$

شكل رقم (١٠٧)

وبالنسبة للجزء الثانى من المثال :

نلاحظ أن إتجاه الشمال المغناطيسى سيكون شرق الشمال الحقيقى أى أن زاوية الاختلاف المغناطيسى 6° شرقاً. فنقوم بتحديد هذه الزاوية مراعين فى ذلك أن يكون القياس بالمنقلة شرق إتجاه الشمال الحقيقى أى فى إتجاه عقرب الساعة فيحدد بذلك إتجاه الشمال المغناطيسى. ثم نقيس من إتجاه الشمال المغناطيسى

(*) فى هذا الحالة يضاف إلى الانحراف المغناطيسى 36° ثم نطرح من المجموع مقدار زاوية الاختلاف المغناطيسى.

إنحرافاً قدره 42° ونمد خطاً فيكون الإنحراف الحقيقي لهذا الخط عبارة عن $42^\circ + 6^\circ = 48^\circ$. كما في الشكل (رقم ١٠٧).

أى أن الإنحراف الحقيقى = الإنحراف المغناطيسى + زاوية الاختلاف المغناطيسى شرقاً
وعلى هذا الأساس تكون الإنحرافات الحقيقية لباقي الإنحرافات المغناطيسية كالآتى:

$$163 + 6 = 169$$

$$4 + 6 = 10$$

$$276 + 6 = 282$$

$$356 + 362 = 718$$

$$360 + 6 = 366$$

٢ - التحويل من إنحرافات حقيقية إلى إنحرافات مغناطيسية :

حول الإنحرافات الحقيقية الآتية إلى إنحرافات مغناطيسية باعتبار أن زاوية الاختلاف المغناطيسى 7° غرباً، ثم باعتبارها 10° شرقاً :

$62^\circ, 215^\circ, 358^\circ, 360^\circ, 10^\circ, 2^\circ$.

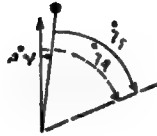
طريقة الإجابة :

نرسم إتجاه الشمال الحقيقى أولاً، ثم نقيس منه زاوية إختلاف مغناطيسى قدرها 7° عكس إتجاه عقرب الساعة، إذ أن إتجاه الشمال المغناطيسى غرب الشمال الحقيقى. ثم نقيس إنحرافاً قدره 62° مبتدئين من الشمال الحقيقى فنعين بذلك الإنحراف الحقيقى.

وعلى هذا يكون الإنحراف المغناطيسى هو $62^\circ + 7^\circ = 69^\circ$ كما في الشكل (رقم ١٠٨). أى أنه يضاف مقدار زاوية الإختلاف المغناطيسى. (إذا كانت غرباً) فيتبع الإنحراف المغناطيسى.

أى أن : الإنحراف المغناطيسى = الإنحراف الحقيقى + زاوية الإختلاف المغناطيسى غرباً
∴ $222 = 7 + 215$

(*) يلاحظ أنه إذا زاد المجموع عن 360° فيجب طرح 360° أى دائرة كاملة. منه كما هو موضح سابقاً.



$$^{\circ}5 = ^{\circ}365 = 7 + 30$$

$$^{\circ}7 = ^{\circ}367 = 7 + 36$$

$$^{\circ}17 = 7 + 10$$

$$^{\circ}9 = 7 + 2$$

شكل رقم (١٠٨)

وبالنسبة لإعتبار زاوية الإختلاف المغناطيسى $^{\circ}10$ شرقاً، يراعى أن يرسم إتجاه الشمال الحقيقى وأن يكون إتجاه الشمال المغناطيسى شرق الشمال الحقيقى وفى إتجاه عقرب الساعة والزاوية بينهما $^{\circ}10$. ولحساب الإنحراف المغناطيسى.

الإنحراف المغناطيسى = الإنحراف الحقيقى - زاوية الإختلاف المغناطيسى شرقاً

$$^{\circ}52 = ^{\circ}10 - ^{\circ}62$$

$$^{\circ}205 = 10 - 215$$

$$^{\circ}348 = 10 - 358$$

$$^{\circ}350 = 10 - 360$$

$$\text{مفر} = 10 - 10$$

$$^{\circ}352 = 10 - 362 = 10 - 2$$

٣ - حساب زاوية الإختلاف المغناطيسى :

الجدول التالى يبين الإنحراف الحقيقى والإنحراف المغناطيسى لبعض الخطوط، والمطلوب حساب زاوية الإختلاف المغناطيسى لكل خط.

الضلع	أ ب	س ص	ع ل	ج د	هـ و	ح ط
الإنحراف الحقيقى	$^{\circ}92$	$^{\circ}124$	$^{\circ}7$	$^{\circ}357$	$^{\circ}5$	مفر
الإنحراف المغناطيسى	$^{\circ}82$	$^{\circ}131$	$^{\circ}2$	$^{\circ}6$	$^{\circ}355$	$^{\circ}8$

٥) إذا زاد المجموع عن 360 فيجب طرح دائرة كاملة 360 من المجموع.

طريقة الإجابة :

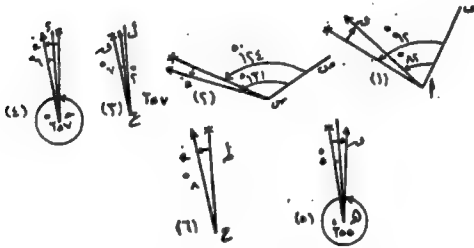
أ - بالنسبة للخط أ ب :

نرسم خطاً يمثل هذا الضلع، ثم نثبت مركز المنقلة على النقطة أ وصفرها على الضلع أ ب، ثم نقيس في ضد اتجاه عقرب الساعة زاوية قدرها 92° فنحدد بذلك اتجاه الشمال الحقيقي، ثم نقيس والمنقلة في نفس الوضع زاوية قدرها 82° فنحدد اتجاه الشمال المغناطيسى كما فى الشكل (رقم ١٠٩ - ١).

نلاحظ أن اتجاه الشمال المغناطيسى شرق اتجاه الشمال الحقيقى بزاوية تساوى مقدار الفرق بين إنحراف الضلع عن الشمال الحقيقى والشمال المغناطيسى.

$$\therefore \text{زاوية الاختلاف المغناطيسى} = 92^\circ - 82^\circ = 10^\circ$$

ونميزها شرقاً إذ أن مقدار الإنحراف الحقيقى أكبر من الإنحراف المغناطيسى.



شكل (١٠٩)

ب - بالنسبة للخط س ح :

من الشكل (رقم ١٠٩ - ٢) يتضح أن زاوية الاختلاف المغناطيسى :

$$= 124^\circ - 131^\circ = 7^\circ \text{ غرباً}$$

وقد أعتبرت زاوية الاختلاف المغناطيسى غرباً حيث أن الإنحراف الحقيقى أقل من الإنحراف المغناطيسى.

جـ - بالنسبة للخط ع ل :

نجد أنه من الشكل (رقم ١٠٩ - ٣) :

زاوية الاختلاف المغناطيسى $= ٧ - ٢ = ٥^\circ$ شرقاً.

حيث أن الانحراف الحقيقى أكبر من الانحراف المغناطيسى فتعتبر زاوية الاختلاف شرقاً.

د - بالنسبة للخط جـ د :

زاوية الاختلاف المغناطيسى كما فى الشكل (رقم ١٠٩ - ٤).

$= ٣٦٠ - ٣٥٧ = ٣ = ٦ = ٩^\circ$ غرباً.

نجد أنه لما كان الخط جـ د يفصل بين إتجاه الشمال الحقيقى والشمال المغناطيسى، فقد طرح الانحراف الحقيقى من ٣٦٠° ، وبجمع الناتج على الانحراف المغناطيسى نتج زاوية الاختلاف المغناطيسى وتكون غرباً حيث يتضح من الشكل أن إتجاه الشمال المغناطيسى غرب الخط جـ د وإتجاه الشمال الحقيقى شرقه.

هـ - بالنسبة للخط هـ و :

من الرسم بالشكل (رقم ١٠٩ - ٥) نجد أن زاوية الاختلاف المغناطيسى

$= ٣٦٠ - ٣٥٥ = ٥ + ٥ = ١٠^\circ$

وتعتبر شرقاً حيث يتضح ذلك من الرسم.

و - بالنسبة للخط ح ط :

بما أن الانحراف الحقيقى صفر أى أن الخط ح ط منطبقاً على إتجاه الشمال الحقيقى. فيكون إتجاه الشمال المغناطيسى غرب هذا الخط بثمانى درجات، أى غرب الشمال الحقيقى، أى أن زاوية الاختلاف المغناطيسى ٨° غرباً كما فى الشكل (رقم ١٠٩ - ٦).

ثانياً : الانحراف الدائرى والمختصر :

الانحراف الدائرى هو انحراف الخط أو الضلع عن إتجاه الشمال المغناطيسى (أو الحقيقى) ويقاس دائماً فى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠° .

أما الانحراف المختصر فهو إنحراف الضلع عن إجتاه الشمال أو إجتاه الجنوب، مع إجتاه عقرب الساعة أو ضده، ولا يزيد بأى حال عن ٩٠° ويستخدم فى حالة إيجاد النسب المثلثية.

١- الإنحرافات الدائرية :

لإيجاد الإنحرافات الخلفية من الإنحرافات الأمامية للخطوط، يكون ذلك بإضافة ١٨٠° للإنحراف الأمامى إذا كان أقل من ١٨٠°. وتتبع نفس الطريقة إذا كان الإنحراف الأمامى هو المطلوب لإجاده من الانحراف الخلفى، (شكل ١١٠)... مثال ذلك لإيجاد الإنحرافات الخلفية للإنحرافات الدائرية ٤٢°، ٥°، ١٨٠°، ٢٣٧°، ٢٣٦°، ٣٦٠° تتبع ما يلى :

$$\text{الإنحراف الخلفى} : ٢٢٢ = ١٨٠ + ٤٢$$

$$١٨٥ = ١٨٠ + ٥$$

$$٣٦٠ = ١٨٠ + ١٨٠ \text{ ، أو صفر°}$$

$$\text{أو} : ١٨٠ - ١٨٠ = \text{صفر°}$$

$$٢٣٧ - ١٨٠ = ٥٧°$$

$$٢٣٦ - ١٨٠ = ١٥٦°$$

$$٣٦٠ - ١٨٠ = ١٨٠°$$

شكل (١٩٠)

٢ - تصحيح الإنحرافات الدائرية بطريقة الجاذبية المحلية :

أ ب ج د أ مضلع مقفل، قيس إنحرافات أضلاعه الأمامية والخلفية فكانت كالآتى :

إنحراف أ ب الأمامى ١٠٦° والخلفى (ب أ) ٣٠° ٢٨٥°

إنحراف ب ج الأمامى ٣٠° ١٩٨° والخلفى (ج ب) ٥٠° ١٨°

إنحراف ج د الأمامى ١٥° ٢٦٩° والخلفى (د ج) ١٥° ١١٦°

إنحراف د أ الأمامى ٣٠° ٣٥° والخلفى (أ د) ٣٠° ٢١٦°

والمطلوب تصحيح إنحرافات أضلاع هذا المضلع الأمامية والخلفية.

طريقة الإجابة :

١- نوجد الفرق بين الانحرافات الأمامية والخلفية لكل ضلع وتبين مقدار هذه الزيادة أو النقص عن ١٨٠° (وهو ما يسمى بالخطأ) كما في الجدول التالي :

الخط	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي	الفرق	الخطأ
أ ب	١٠٦ ٣٠	٢٨٥ ٣٠ (ب أ)	١٧٩ ٣٠	٠٠ ٣٠ -
ب ج	١٩٨ ٣٠	١٨ ٠٠ (ج ب)	١٨٠ ٣٠	٠٠ ٣٠ +
ج د	٢٩٦ ١٥	١١٦ ١٥ (د ج)	١٨٠ ٠٠	٠٠ ٠٠
د أ	٣٥ ٣٠	٢١٦ ٣٠ (أ د)	١٨١ ٠٠	٠١ ٠٠ +

٢- نبحث عن أى الأضلاع حيث الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي = ١٨٠°، فنجد أن الضلع ج د ينطبق عليه ذلك. أى أنه لا توجد جاذبية محلية عند طرفي هذا الضلع، أى أن انحرافات الخطوط المقاسة من نقطتي ج د، صحيحة، وعلى هذا فإن الانحراف ج د ب (الانحراف الخلفي للضلع ب ج د والانحراف الأمامي لهذا الضلع) صحيحان.

فنقوم بوضع خط تحت هذين الانحرافين في الجدول السابق تجهيزه.

٣- بما أن الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي للضلع د أ لا يساوى ١٨٠° تماماً. فإننا نضيف أو نطرح ١٨٠° من الانحراف د أ (لأنه الصحيح) فينتج الانحراف الخلفي الصحيح له.

$$\therefore \text{انحراف د أ} = ٣٥ ٣٠ + ١٨٠ ٠٠ = ٢١٥ ٣٠$$

٤- ومن الجدول السابق نجد أن الانحراف أ د = ٢١٦ ٣٠، وهذا يزيد عن الانحراف الصحيح له بمقدار ١°. فمعنى هذا أنه عند نقطة أ توجد جاذبية محلية تؤثر على البوصلة مما يؤدي إلى زيادة في الانحرافات قدرها ١° وهو ما يعبر عنه بقوة الجاذبية المحلية. ولذا فيجب تصحيح جميع الأرصاد.

المأخوذة من نقطة أب هذا المقدار بالسالب. وتدون قوة الجاذبية المحلية:
والإنحراف المصحح للضلع أ د كما في الجدول المذكور في الصفحة
السابقة. ونقوم بتدوين الإنحراف المصحح في الجدول أمام الضلع أ ب .

وعلى هذا يكون الإنحراف الخلفي للضلع أ ب الصحيح =

$$\text{أو إنحراف ب أ} = 105^{\circ} + 180^{\circ} = 285^{\circ} 00'$$

ولكن الإنحراف المرصود للخط ب أ هو $285^{\circ} 30'$ ، ومعنى ذلك أنه توجد
عن نقطة ب جاذبية محلية قدرها $30^{\circ} 00'$ ويجب طرح هذه الجاذبية من
جميع الأرصاد المأخوذة من نقطة ب حيث أنها بالزيادة.

٥ - وعلى هذا يصبح إنحراف الضلع ب ج مصححاً

$$= 198^{\circ} 30' - 30^{\circ} 00' = 168^{\circ} 30'$$

ويكون إنحرافه الخلفي أى إنحراف الضلع ج د ب

$$= 168^{\circ} 30' - 180^{\circ} 00' = 18^{\circ} 30'$$

وهذا صحيح أصلاً حيث سبق الذكر أن الإنحرافات المرصودة من نقطة
ج صحيحة لعدم وجود جاذبية محلية عند هذه النقطة.

الضلع	الإنحراف	قوة الجاذبية المحلية	الإنحراف مصححاً
ج د	296 15	00 00	296 15
د ج	116 15	00 00	116 15
د أ	35 30	00 00	35 30
أ د	216 30	1 00+	215 30
أ ب	106 00	1 00+	105 00
ب أ	285 30	00 30+	285 00
ب ج	198 30	00 30+	198 00
ج ب	18 00	00 00	18 00

٣ - تصحيح الانحرافات الدائرية بطريقة المتوسطات :

أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية الآتية لمضلع مقفل، والمطلوب تصحيحها بطريقة المتوسطات.

الانحراف الخلفي	الانحراف الأمامي	الضلع
٣١٧ ٤٥	١٣٧ ٣٧	أ ب
٢٥ ١٨	٢٠٥ ٥٢	ب جـ
١٠٠ ٠٠	٢٧٩ ٣٠	جـ د
١٦٣ ٥٦	٣٤٤ ٠٠	د هـ
٢٦٣ ١٠	٨٣ ١٠	هـ أ

طريقة الإجابة :

١ - بالنسبة للضلع أ ب

نوجد الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي.

$$^{\circ}١٨٠ \begin{smallmatrix} ٠٨ \\ ٠٠ \end{smallmatrix} = ^{\circ}١٣٧ \begin{smallmatrix} ٣٧ \\ ٤٥ \end{smallmatrix} - ^{\circ}٣١٧ \begin{smallmatrix} ٣٧ \\ ٤٥ \end{smallmatrix}$$

فجده يزيد عن $^{\circ}١٨٠$ بمقدار $^{\circ}٠٠ \begin{smallmatrix} ٠٨ \\ ٠٠ \end{smallmatrix}$ وهو ما يسمى بالخطأ.

فيقسم هذا الخطأ بالتساوي ويضاف نصفه إلى الانحراف الأمامي ويخرج النصف الآخر من الانحراف الخلفي.

$$^{\circ}١٣٧ \begin{smallmatrix} ٣٧ \\ ٤١ \end{smallmatrix} = ^{\circ}٠٠ \begin{smallmatrix} ٠٤ \\ ٠٠ \end{smallmatrix} + ^{\circ}١٣٧ \begin{smallmatrix} ٣٧ \\ ٤١ \end{smallmatrix}$$

$$^{\circ}٣١٧ \begin{smallmatrix} ٤١ \\ ٤١ \end{smallmatrix} = ^{\circ}٠٠ \begin{smallmatrix} ٠٤ \\ ٠٠ \end{smallmatrix} - ^{\circ}٣١٧ \begin{smallmatrix} ٤٥ \\ ٤١ \end{smallmatrix}$$

٢ - بالنسبة للضلع ب جـ :

$$^{\circ}١٨٠ \begin{smallmatrix} ٣٤ \\ ٣٤ \end{smallmatrix} = ^{\circ}٢٠٥ \begin{smallmatrix} ٥٢ \\ ١٨ \end{smallmatrix} - ^{\circ}٢٠٥ \begin{smallmatrix} ٥٢ \\ ١٨ \end{smallmatrix}$$

$$^{\circ}١٨٠ \begin{smallmatrix} ٣٤ \\ ٣٤ \end{smallmatrix} = ^{\circ}١٨٠ \begin{smallmatrix} ٠٠ \\ ٠٠ \end{smallmatrix} - ^{\circ}١٨٠ \begin{smallmatrix} ٣٤ \\ ٣٤ \end{smallmatrix}$$

$$^{\circ}٠٠ \begin{smallmatrix} ١٧ \\ ١٧ \end{smallmatrix} = ^{\circ}٢ + ^{\circ}٣٤$$

$$^{\circ}٢٠٥ \begin{smallmatrix} ٣٥ \\ ٣٥ \end{smallmatrix} = ^{\circ}٠٠ \begin{smallmatrix} ١٧ \\ ١٧ \end{smallmatrix} - ^{\circ}٢٠٥ \begin{smallmatrix} ٥٢ \\ ٣٥ \end{smallmatrix}$$

٣ - بالنسبة للضلع جـ د :
الانحراف الخلفى مصححاً = $١٨' ٢٥'' + ١٧' ٠٠'' = ٣٥' ٢٥''$

الفرق بين الانحرافين الأمامى والخلفى = $٢٧٩' ٣٠'' - ١٠٠' ٠٠'' = ١٧٩' ٣٠''$

∴ مقدار الخطأ = $١٨٠' ٠٠'' - ١٧٩' ٣٠'' = ٣٠' ٠٠''$

نصف الخطأ = $٣٠' + ٢' = ١٥' ٠٠''$

∴ الانحراف الأمامى مصححاً = $٢٧٩' ٣٠'' + ١٥' ٠٠'' = ٢٩٤' ٣٠''$

الانحراف الخلفى مصححاً = $١٠٠' ٠٠'' - ١٥' ٠٠'' = ٨٥' ٠٠''$

٤ - بالنسبة للضلع د هـ :

الفرق بين الانحرافين الأمامى والخلفى = $٣٤٤' ٠٠'' - ١٦٣' ٥٦'' = ١٨٠' ٠٤''$

∴ مقدار الخطأ = $١٨٠' ٠٤'' - ١٨٠' ٠٠'' = ٠٤' ٠٠''$

نصف الخطأ = $٠٤' + ٢' = ٠٢' ٠٠''$

∴ الانحراف الأمامى مصححاً = $٣٤٤' ٠٠'' - ٠٢' ٠٠'' = ٣٤٢' ٥٨''$

الانحراف الخلفى مصححاً = $١٦٣' ٥٦'' + ٠٢' ٠٠'' = ١٦٥' ٥٨''$

الانحراف الخلفى مصححاً	الانحراف الأمامى مصححاً	مقدار الخطأ	الفرق بين الانحرافين الأمامى والخلفى	الضلع
٣١٧' ٤١''	١٣٧' ٤١''	$٠٨' ٠٠'' +$	$١٨٠' ٠٨''$	أ ب
٢٥' ٣٥''	٢٠٥' ٣٥''	$٣٤' ٠٠'' +$	$١٨٠' ٣٤''$	ب جـ
٩٩' ٤٥''	٢٧٩' ٤٥''	$٣٠' ٠٠'' -$	$١٧٩' ٣٠''$	جـ د
١٦٣' ٥٨''	٣٤٣' ٥٨''	$٠٤' ٠٠'' +$	$١٨٠' ٠٤''$	د هـ
٢٦٣' ١٠''	٨٣' ١٠''	$٠٠' ٠٠''$	$١٨٠' ٠٠''$	هـ أ

ملحوظة : أعد تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية بطريقة الجاذبية المحلية والتي سبق شرحها في المثال السابق.

٤ - الإنحراف المختصر :

أوجد الإنحراف المختصر لكل من الإنحرافات الدائرية الآتية :

$$^{\circ}٤٢ - ^{\circ}١٥٨ - ^{\circ}٢٤٣ - ^{\circ}٣١٦$$

طريقة الإجابة :

أ - الإنحراف الدائري $^{\circ}٤٢$

من الشكل (١١١ - ١) نجد أنه في الربع الأول.

∴ إنحرافه المختصر = ش $^{\circ}٤٢$ ق.

ب - الإنحراف الدائري $^{\circ}١٥٨$

نجد أنه يقع بين $^{\circ}٩٠$ ، $^{\circ}١٨٠$ أى في الربع الثاني.

وعلى هذا يكون إنحرافه المختصر = $١٨٠ - ١٥٨ = ٢٢$ ج = ٢٢ ق

ج - الإنحراف الدائري $^{\circ}٢٤٣$

نجد أنه يقع بين $^{\circ}١٨٠$ ، $^{\circ}٢٧٠$ كذلك من الشكل (١١١ - ٣).

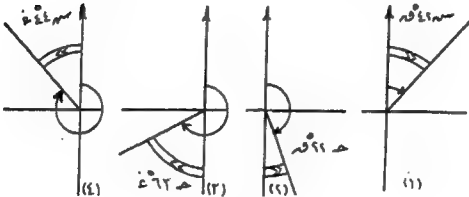
نجد أنه يقع في الربع الثالث.

إنحرافه المختصر = $٢٤٣ - ١٨٠ = ٦٣$ ج = ٦٣ غ

د - الإنحراف الدائري $^{\circ}٣١٦$

نجد أنه يقع بين $^{\circ}٢٧٠$ ، $^{\circ}٣٦٠$ أى في الربع الرابع.

∴ إنحرافه المختصر = $٣٦٠ - ٣١٦ = ٤٤$ ش = ٤٤ غ



شكل (١١١)

ثالثاً - حساب الانحرافات الدائرية :

قيست زوايا ترانزيرس مقفل أ ب ج د هـ أ بالتيودوليت فى إتجاه ضد عقرب الساعة فكانت زواياه كالتأتى: $\angle > \text{أ} = 114^\circ$ ، $\angle > \text{ب} = 78^\circ$ ، $\angle > \text{ج} = 197^\circ$ ، $\angle > \text{د} = 45^\circ$ ، $\angle > \text{هـ} = 106^\circ$. وكان الإنحراف الأمامى للمضلع ب ج د = 58° ، فما هى الإنحرافات الأمامية لباقى أضلاع الترانزيرس ؟
طريقة الإجابة :

أ - نبحث أولاً عما إذا كان هناك خطأ فى قيمة الزوايا المذكورة بالمثال وذلك بتطبيق القانون :

مجموع زوايا أى شكل ق (٢ - ن) . حيث ق = 90° ، ن = عدد زوايا المضلع .
∴ مجموع زوايا الشكل ذو الخمس زوايا = $90 \times (2 - 5) = 540^\circ$
ومجموع الزوايا = $114 + 78 + 197 + 45 + 106 = 540^\circ$
∴ ليس هناك خطأ فى زوايا هذا الترانزيرس .

ب - ولإيجاد الإنحرافات الأمامية للأضلاع نطبق القاعدة الآتية :

* إذا كان الإنحراف الدائرى أقل من 180° والمضلع فى إتجاه عقرب الساعة :
إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق + 180° - الزاوية المحصورة بين الضلعين
* إذا كان الإنحراف الدائرى أكثر من 180° والمضلع فى إتجاه عقرب الساعة :
إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق - 180° - الزاوية المحصورة بين الضلعين
* إذا كان الإنحراف الدائرى أقل من 180° والمضلع ضد إتجاه عقرب الساعة :
إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق + 180° + الزاوية المحصورة بين الضلعين
* إذا كان الإنحراف الدائرى أكثر من 180° والمضلع ضد إتجاه عقرب الساعة :
إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق - 180° + الزاوية المحصورة بين الضلعين
وفى هذا المثال نجد أن إتجاه المضلع فى إتجاه عقرب الساعة وعلى هذا :

$$\begin{aligned} \text{إنحراف ب ج د} &= 58^\circ \\ \text{إنحراف ج د هـ} &= 58^\circ + 180^\circ + 197^\circ - 45^\circ = 370^\circ \\ \text{إنحراف د هـ أ} &= 370^\circ + 180^\circ + 78^\circ - 106^\circ = 522^\circ \end{aligned}$$

$$\text{، انحراف أ ب} = 226 - 180 + 114 = 160^\circ$$

$$\text{، انحراف ب ج} = 160 + 180 + 78 = 418 - 360 = 58^\circ$$

بلاحظ أنه إذا زاد الناتج عن 360° فإننا نقوم بطرح هذا المقدار من الناتج إذ أن الانحراف الدائري لا يزيد عن 360° أى دائرة كاملة.

ونفرض أن المضلع فى هذا المثال مع اتجاه عقرب الساعة، فإن الانحرافات الأمامية لأضلاعها تصبح على الوجه التالى.

$$\text{انحراف ب ج} = 58^\circ$$

$$\text{، انحراف ج د} = 58 + 180 - 197 = 41^\circ$$

$$\text{، انحراف د هـ} = 41 + 180 - 15 = 176^\circ$$

$$\text{، انحراف هـ أ} = 176 + 180 - 106 = 250^\circ$$

$$\text{، انحراف أ ب} = 250 - 180 - 78 = 44 - 360 = 316^\circ$$

$$\text{، انحراف ب ج} = 78 - 180 - 316 = 58^\circ$$

رأبها - الترافيرس بالبوصله :

صحيفة الغيط الآتية (شكل ١١٢) أخذت أثناء رفع طريق بالبوصله وبعض الظاهرات الموجودة على جانبيه. والمطلوب رسم هذا الطريق والظاهرات بمقياس ١ / ١٠٠٠، علماً بأن عرض الطريق خمسة أمتار وأن القياس كان يتم على الجانب الأيسر له مع رسم مقياس خطى.

شكل (١١٢)

<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>
<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>	<p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p> <p>الظواهر الموجودة على الطريق</p>

• بلاحظ أنه إذا كان الناتج سالب، فإنه يجب إضافة دائرة كاملة إليه أى بطرح من 360° .

طريقة الإجابة :

نبدأ أولاً برسم المضلع الترافيرس، وهو عبارة عن ترافيرس مفتوح بدليل أن صحيفة دفتر النبط بدأت بنقطة أ و إنتهت بنقطة و.

نختار مكاناً مناسباً لنقطة أ بالنسبة للوحة التي سيرسم عليها التمرين، ثم نرسم إجتاه الشمال المغناطيسى لهذه النقطة موازياً لإجتاه الشمال المغناطيسى العام للوحة. نقيس بالمنقلة زاوية قدرها 141° مركزين بمركز المنقلة فوق النقطة أ، وبراى أن يكون صفر المنقلة منطبقاً على إجتاه الشمال المغناطيسى وأن يكون القياس في إجتاه عقرب الساعة. ثم نصل بين نقطة أ والنقطة التي تحدد الزاوية 141° ونمد الخط بطول ٤٢ متراً طبقاً لمقياس الرسم، فتكون نهاية هذا الخط هي نقطة ب.

من نقطة ب نقيم إجتاه الشمال المغناطيسى موازياً للإجتاه الأول السابق رسمه، ونفس الخطوات السابقة نقيس زاوية قدرها 74° فنكون قد عينا إنحراف الضلع ب جـ ونقيس على هذا الإنحراف بمداً قدره ٤٨ متراً فتكون نهايته هي نقطة جـ.

ونفس هذه الخطوات نتمها في نقطة جـ لم نقطة د، مستخدمين الأرصاء المذكورة ب دفتر النبط، وبذلك نعين المضلع الأساسى لترافيرس.

ولرسم الظاهرات الموجودة على جانبي هذا الترافيرس نتبع الآتى :

١ - نرسم بمداً قدره خمسة أمتار عمودياً على الجانب الأيمن لكل خط من خطوط المضلع ونصله على طول المضلع فنحدد بذلك عرض الطرق وجانبه.

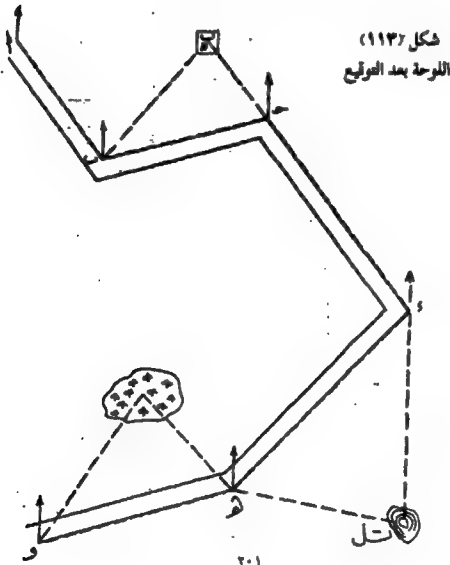
٢ - من نقطة ب نقيس إنحرافاً قدره 40° من إجتاه الشمال المغناطيسى عند هذه النقطة ثم نمد خطاً فيكون في إجتاه المثذنة. ومن نقطة جـ نقيس إنحرافاً قدره 320° من إجتاه الشمال المغناطيسى عند النقطة جـ نرسم خطاً ليكون في إجتاه المثذنة. والنقطة التي يتقاطع فيها هذان الإنحرافان تحدد مركز المسجد فنقوم بتوقيع أبعاده المذكورة في دفتر النبط.

٣ - من نقطة د نقيس إنحرافاً قدره 180° من إجتاه الشمال المغناطيسى فينتج شعاعاً متجهاً إلى التل ومن نقطة هـ نقيس إنحرافاً قدره 99° من إجتاه

الشمال المغناطيسى ونعنه ثلاثى هذين الشعاعين تحدد قمة التل وإذا كانت لدينا أبعاد لتحديد هذا التل يتم توقيعهما.

٤ - من نقطة هـ نرسم إجهاد الشمال المغناطيسى ثم نقيس إجهاداً قدره 314° ونمد خطاً يتجه إلى المستنقع. ومن نقطة و نرسم إجهاد الشمال المغناطيسى ونقيس إجهاداً قدره 35° ، نقطة تقاطع هذين الإجهادين يدل على مركز المستنقع وإذا كانت لدينا أبعاد لهذا المستنقع نقوم بتوقيعها.

والشكل رقم (١١٣) يوضح اللوحة بعد التوقيع.



مثال آخر:

الجدول الآتي عبارة عن توافير مقفل تم رفعه بالبوصله المنشورية بطريقة التقاطع الأمامي من طرفي خط القاعدة س ص وطوله ٦١ متراً. والمطلوب رسم مضلع هذا التوافير بمقاس رسم ١ : ١٥٠٠.

من	إلى	س	ص	أ	ب	جـ	د	هـ	و
س	—°	٢٧٩	٤٤°	١٥٨	٢١٨	٢٥٨	٣١١	٣٥٣	
ص	٩٩°	—°	٧٣	١٢٧	١٦٢	٢٣٢	٣٤٩	٣٦	

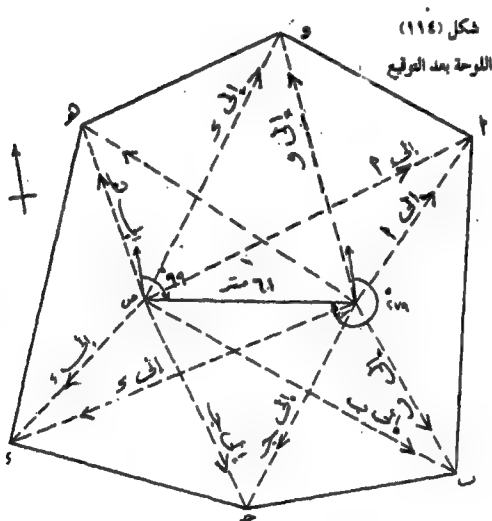
طريقة الإجابة:

نوقع نقطة س في مكان مناسب من اللوحة، ثم نرسم منها إجماء الشمال المغناطيسي، ثم نقيس ابتداء منه زاوية قدرها ٢٧٩° وهي إنحراف خط القاعدة س ص، ونمد هذا الإنحراف بطول ٦١ متراً فتكون نهايته هي ص. نرسم من نقطة ص إجماء الشمال المغناطيسي موازاً للإجماء السابق رسمه من نقطة س، ثم نقيس إنحرافاً قدره ٩٩° من هذا الإجماء فنجد أنه ينطبق على الخط ص س، إذ أن هذا الإنحراف هو الإنحراف الخلفي للخط س ص (٢٧٩ - ٩٩ = ١٨٠°).

نثبت مركز المنقلة على نقطة س وصفرها على إجماء الشمال المغناطيسي ثم نقيس الإنحرافات ٤٤° في إجماء نقطة أ، ١٥٨° في إجماء نقطة ب، ٢١٨° في إجماء نقطة جـ، ٢٥٨° في إجماء نقطة د، ٣١١° في إجماء نقطة هـ، ٣٥٣° في إجماء نقطة و على التوالي. مع مراعاة أن يكون قياس هذه الإنحرافات ابتداء من إجماء الشمال وفي إجماء عقرب الساعة بالنسبة لكل زاوية.

لم ننقل المنقلة إلى نقطة ص، وبعد تثبيت، إجهاد صفورها على إجهاد الشمال
المغناطيسي، نقيس الانحرافات 73° في إجهاد نقطة أ، 127° في إجهاد نقطة ب،
 162° في إجهاد جـ، 232° في إجهاد د، 349° في إجهاد نقطة هـ، 36° في
إجهاد نقطة و.

نقطة تلاقي شعاعي إتحراف نقطة أ من ص، وإتحرافها من ص تكون هي
نقطة أ الحقيقية وكذلك الحال بالنسبة لباقي نقط رؤوس المضلع.
نصل بين هذين النقط فيتم بذلك رسم الترافيرس كما في الشكل (رقم
١١٤).



تصارين

١ - حول الإنحرافات الحقيقية الآتية إلى إنحرافات مغناطيسية بإعتبار أن زاوية الاختلاف المغناطيسى 9° شرقاً، ثم بإعتبارها 12° غرباً.

98° ، 37° ، 3° ، 357° ، 360° ، 275° ، 12° ، 9°

٢ - حول الإنحرافات المغناطيسية الآتية إلى إنحرافات حقيقية بإعتبار أن زاوية الاختلاف المغناطيسى 8° شرقاً، ثم بإعتبارها 7° غرباً.

43° ، 166° ، 182° ، 7° ، 358° ، 17° ، 253° ، 278°

٣ - الإنحرافات الحقيقية لمدة أماكن على الترتيب هي 281° ، 156° ، 22° ،

360° ، 2° ، 355° ، والإنحرافات المغناطيسية لها بنفس الترتيب هي :

277° ، 165° ، 25° ، 7° ، 358° ، فما مقدار زاوية الاختلاف المغناطيسية

ونوعها فى كل حالة.

٤ - الإنحرافات الأمامية للنقط ب، جـ، د، هـ، ومن نقطة أ هي على الترتيب

48° ، 21° ، 37° ، 118° ، 45° ، 99° ، 30° ، 181° ، 45° ، 329°

والمطلوب حساب إنحرافاتها الخلفية.

٥ - الأرصاد الآتية أخذت فى توافيرس مقفل أ ب جـ د بالبوصله، والمطلوب

إيجاد طول خطأ القفل ورسم المضلع مصححاً بمقياس ١ : ٦٠٠٠.

الخط أ ب ب جـ جـ د د أ

الطول بالمتري ٨٣ ٨٢ ١٠١ ١١٤

الإنحراف الدائرى 193° 276° 353° 104°

٦ - الآتى (شكل ١١٥) يمثل صفحة من دفتر الفيط لتوافيرس مقفل أخذ

بالبوصله بطريقة ألف والدوران. والمطلوب رسمه بمقياس ١ : ١٠٠٠٠ مع

إيجاد مساحته بالأمتار المربعة ورسم مقياس خطى.

١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢

شكل (١١٥)

٧ - أ ب ج د هـ أ مضلع ترافيرس مقفل فى إجهاد عقرب الساعة وكانت زواياه بالترتيب كالآتى: $\angle > \angle = 42^\circ 99'$ ، $\angle > \angle = 38^\circ 17'$ ، $\angle > \angle = 173^\circ 16'$ ، $\angle > \angle = 85^\circ 20'$ ، $\angle > \angle = 64^\circ 04'$.

فإذا كان إتحراف الضلع ج د الأمامى $32^\circ 89'$ ، فما هى الإتحرافات الأمامية الدائرية لباقى أضلاع المضلع.

٨ - أ ب ج د هـ و أ مضلع سداسى منتظم طول ضلعه ٧٠ متراً وجميع زواياه متساوية، وفى إجهاد ضد عقرب الساعة. فإذا كان الإتحراف الأمامى للضلع د هـ $= 153^\circ$ ، أوجد الإتحرافات الأمامية لباقى الأضلاع.

٩ - الأرصاد الآتية أخذت فى ترافيرس مفتوح أ ب ج د هـ ، والمطلوب رسم هذا الترافيرس على لوحة بمقياس ١ : ٧٥٠ ثم أوجد طول هـ أ وإتحرافه الدائرى.

الخط	أ ب	ب ج	ج د	د هـ
الطول بالتر	٩٥	٧٨	٤٦	٧٣
الإتحراف الدائرى	122°	39°	234°	253°

١٠ - أخذت الإتحرافات الأمامية والخلفية للمضلع المقفل أ ب ج د هـ أ فكانت كالآتى :

الضلع	الإتحراف الأمامى		الإتحراف الخلفى	
أ ب	٤٨	140°	٤٨	321°
ب ج	٣٢	١٦٣	١٤	٣٤٣
ج د	٣٧	٢٤٣	٤٠	٦٢
د هـ	٢٥	٣٠٩	٢٥	١٢٩
هـ أ	٤٥	٣٢	٠٠	٢١٣

والمطلوب تصحيح هذه الانحرافات بطريقتي المتوسطات مرة والجاذبية المحلية مرة أخرى.

١١ - الجدول الآتي عبارة عن الانحرافات الأمامية والخلفية لتراخيص مقفل أ ب ج د هـ أ. والمطلوب تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية لهذا المضلع بطريقة الجاذبية المحلية. ثم رسم هذا المضلع بمقياس رسم مناسب مبيناً عليه الانحرافات الأمامية المصححة للأضلاع.

الخط	الطول بالمتر	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي
أ ب	١١٠	٥٦' ١٨٥"	١٨' ٥"
ب ج	٨٨	٠٠' ٢٨٤"	٠٠' ١٠٤"
ج د	٨٦	١٢' ٣٠٦"	٤٤' ١٢٦"
د هـ	٩٢	٠٠' ٤٦"	٣٠' ٢٢٠"
هـ أ	١٠٥	٤٨' ١٠٦"	٢٤' ٢٨٧"

١٢ - أخذت الأرصاد الآتية في تراخيص مقفل أ ب ج د هـ أ ، والمطلوب تصحيح هذه الانحرافات بطريقة المتوسطات مرة وبطريقة الجاذبية المحلية مرة أخرى.

الخط	أ ب	ب ج	ج د	د هـ	هـ أ
الانحراف	٤٣' ١٠٠"	٥٢' ٣٨"	١٢' ١٤١"	٥١' ٢٤٥"	٢٦' ٣٢٧"
الخط	ب أ	ج ب	د ج	هـ د	أ هـ
الانحراف	٣٣' ٢٨٠"	٠٠' ٢١٩"	٤٠' ٣٢٢"	٢٥' ٦٤"	٢٦' ١٤٧"

١٣- أخذت الأرصاد الآتية لتراخيص مفتوح أ ب ج د هـ و، والمطلوب إيجاد إنحراف الضلع و أ الأمامى والخلفى وطوله، مع رسم المضلع على لوحة بمقياس ١ : ١٠٠٠.

الضلع	أ ب	ب ج	ج د	د هـ	هـ و
الطول بالمتر	٨١	١٠١	١٠٤	١١٢	٧٢
الإنحراف الدائرى	°٦٩	°١٤٣	°١٩٢	°٢٦٥	°٢٤

١٤ - الأرصاد الآتية أخذت في تراخيص مقفل أ ب ج د هـ أ، والمطلوب إيجاد طول خطأ القفل ورسم المضلع مصححاً بمقياس ١ : ٨٠٠.

الخط	الطول بالمتر	الإنحراف الدائرى
أ ب	°١٤٩	°١٩٩
ب ج	٩٨	٢٧٩
ج د	١١٢	٣٥٤
د هـ	٧٣	١١٥
هـ أ	١٠٠	٦٦

١٥ - أخذت أرصاد تراخيص مقفل أ ب ج د أ بالبوصله، فكانت إنحرافات الأمامية كالآتى :

أ ب	٢٢	°٧٤
ب ج	٣٧	١٠٧
ج د	٥٨	٢٢٥
د أ	٢٥	٣٠٦

والمطلوب : إيجاد الإنحرافات المختصرة لهذه الإنحرافات.

١٦ - الآتي عبارة عن الانحرافات المختصرة لتراخيص مفتوح أ ب ج د هـ ،
والمطلوب معرفة الانحرافات الدائرية لها:

أ ب ج د هـ ٥٧ ٨٢ ٠ غـ ، ب ج د هـ ١٨ ٢٥ ٠ غـ
ج د هـ ٣٣ ١٨ ٠ ق ، د هـ ٢٥ ٣٧ ٠ ق

١٧ - أخذت الانحرافات الآتية في تراخيص مقفل أ ب ج د هـ وأ. والمطلوب
تصحيح الانحرافات بطريقة الجاذبية المحلية.

الخط	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي
أ ب	٢٠ ٤٢ ٠	٣٤ ٢٢١ ٠
ب ج د	١٠ ١٠٤	٢٢ ٢٨٨
ج د	١٦ ٧٣	٠٨ ٢٥٢
د هـ	٥٠ ٢٠٣	٤٢ ٢٢
هـ أ	١٣ ٢٧٩	١٣ ٩٩
و أ	٢٣ ٣١٦	١٣ ١٣٥

١٨ - أخذت الانحرافات الأمامية الآتية في تراخيص مقفل أ ب ج د هـ أ ،
والمطلوب إيجاد الانحرافات المختصرة لها:

أ ب ٣٢ ٣٤ ٠ ، ب ج د هـ ٥٧ ٩٩ ٠ ، ج د هـ ٠٧ ١٥٩ ٠
د هـ ١٨ ٢٥٨ ٠ ، هـ أ ٤٥ ٣١١ ٠

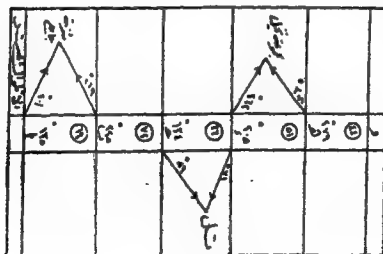
١٩ - الجدول الآتي يمثل بيانات تراخيص مقفل أجرى بالبوصلة بطريقة التقاطع
وكان خط القاعدة س ص طوله ٤١ متراً. والمطلوب رسم هذا المضلع مع
إيجاد مساحته بالأمتار المربعة. مقياس الرسم ١ : ٨٠٠.

من	إلى	س	ص	أ	ب	جـ	د	هـ	و
س	—°	°٢٨١	°٥٦	°٣٢	°١٥		°٣٥٢	°٣٢٨	°٣٠٠
ص	°١٠١	—°	°٨٣	°٥٥	°٦٣	°١٤		°٣٤٩	°٣٢٦

٢٠ - الجدول الآتي عبارة عن إرتفاعات أخذت بالبوصله بطريقة التقاطع ، وكان خط القاعدة أ ب وطوله ٧٥ متر أخذ أضلاع الترافيرس .
والمطلوب رسم هذا الترافيرس بمقياس رسم ١ : ١٢٥٠٠ .

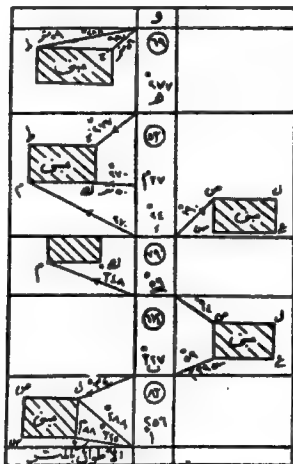
من	إلى	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
أ	—°	°٧٥	°٤٩	°٣٩	°٣٦٠	°٣٤٢	°٣٠١	
ب	°٢٥٥	—°	°١٨	°٣٦٠	°٣٣٢	°٣٠٥	°٢٧٥	

٢١ - الآتي (شكل ١١٦) ترافيرس مفتوح أجري بالبوصله لطريق عرضه ثمانية أمتار ، وكان خط الترافيرس في منتصف الطريق . والمطلوب رسم الطريق والظاهرات المرصودة على جانبيه بمقياس ١ : ٦٠٠٠ .



شكل (١١٦)
٢٠٩

٢٢ - صفحة دفتر الغيظ الآتية (شكل ١١٧) لتوافير مفتوح من أ إلى و بالبوصله، والمطلوب رسم التوافير وليجاد مساحة المبنى ع س ل والمبنى ح ك م ط بالمتري المربع وليجاد المسافة بين نقطتي ك، س وإنحرافها من نقطة س، مع رسم مقياس عظمى يقاس إلى ١ متر. (مقياس الرسم ١ : ٧٥٠٠).



شكل (١١٧)

الفصل السادس

المساحة باللوحة المستوية «البلاشيطة»

فى عمل المساحات التفريدية (التفصيلية) ذات المقاييس الكبيرة تفضل اللوحة المستوية Plane table أو فى الأعمال الهندسية الأخرى، نظراً لأنها أسهل الطرق وأسرعها، ويمكن رسم كافة التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها من مبان وطرق ومنشآت وحدود وغيرها فى النقط (الحقل) طبقاً لمقياس الرسم مباشرة. فإذا وجد أن هناك خطأ ما أو كانت هناك معلومات ناقصة أو ظاهرات لم يتم رفعها، فيمكن تداركها فى نفس الوقت والتحقق من صحتها أثناء العمل فى النقط، قبل أن يترك المساح المنطقة التى يقوم بالعمل فيها. كما يمكن تلافى أخطاء بيانات زائدة عن الحاجة، قد لا يحتاج إليها الغرض المرفوعة من أجله الخريطة. وبذلك يتوفر الكثير من الوقت والجهد. ويمتاز العمل باللوحة المستوية عن طرق المساحة الأخرى بقلّة العمل المكثى كثيراً.

وتستخدم اللوحة المستوية فى الأغراض الآتية :

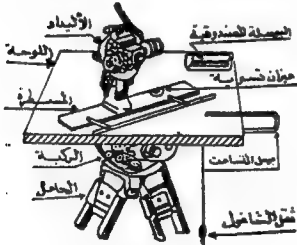
- ١ - توقيع التفاصيل المختلفة الموجودة فى المنطقة بعد توقيع مضملمها الأساس بدقة على خريطة باستعمال التودوليت.
- ٢ - إجراء المساحة الطبوغرافية خاصة الخرائط ذات مقياس ١/ ٢٥٠٠٠ أو الأكبر منها فى المقاس. وهى خرائط تبين كافة التفاصيل الطبيعية والبشرية الموجودة فى المنطقة المرفوعة.
- ٣ - إنشاء المضلمحات أو هياكل بعض المناطق - وإن كانت لا ترقى إلى درجة كبيرة من الدقة كإستخدام المساحة التاكومترية أو التودوليت.
- ٤ - إنشاء الخرائط الكتروية أو خرائط التناسب، بدلاً من إستخدام الميزانية الشبكية أو المساحة التاكومترية، خاصة فى الأراضى التى يتميز سطحها بوعورته وعدم تنوجه الخفيف.

وعموماً، فإن استخدام اللوحة المستوية - أو «البلاشيطة» كما يطلق عليها في مصر - أكثر طرق الرفع الماسحي شيوعاً واستعمالاً وإن كانت ليست أدقها. وتستخدم كثيراً في مصر في إجراء المساحات التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة (والتي تسمى بالمساحة التفريعية). وفي الأعمال الهندسية والمشروعات، نظراً لإعتدال المناخ وجفافه معظم أيام السنة، إلا أنه لا يمكن استخدام اللوحة المستوية إذا كان هناك رطوبة أو أمطار، حتى لا تتأثر ورقة الرسم. كما تفضل هذه الطريقة في مصر لعدم وجود مرتفعات أو غابات تمنع الرؤية أو القياس المباشر. وتعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق المساحية شيوعاً في استخدامها بالنسبة للجغرافيين عندما يرمسون في رفع تفاصيل مناطق محدودة إلى خرائطهم، نظراً لما تتميز به من سرعة وسهولة في العمل وعدم الحاجة إلى استخدام المعادلات الرياضية إلا في أضيق الحدود في بعض الحالات الخاصة.

الأدوات المستخدمة :

١ - اللوحة :

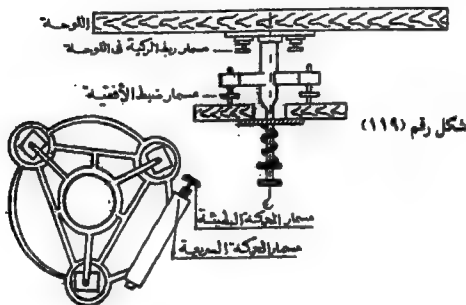
عبارة عن لوحة رسم من الخشب المثين، مستوية السطح تماماً، غير قابلة للانكماش أو الإلتواء باختلاف العوامل الجوية. وقد تصنع اللوحة



شكل رقم (١١٨) اللوحة المستوية والأدوات المستخدمة

من الألمنيوم في بعض الأحيان. ويتراوح أبعاد اللوحة بين ٤٠ × ٥٠ سم، ٦٠ × ٨٠ سم تقريباً. والشكل رقم (١١٨) يبين اللوحة المستوية والأدوات المستخدمة معها. واللوحة مركبة على حامل ذي ثلاث شعب (أرجل)، كل شعبة تنتهي بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض.

والغرض من ذلك تثبيت اللوحة جيداً حتى لا تميل أو تدور أثناء العمل.
وتتصل اللوحة بالحامل الثلاثي بواسطة ركبة معدنية مثلثة الشكل، بها ثلاثة مسامير محواة تسمى مسامير التسوية في أطرافها الثلاثة. والغرض منها ضبط أفقية اللوحة. والركبة مزودة بمسمار محاصر لتحريك اللوحة في المستوى الأفقي حركة دورانية سريعة أو منعها عن الحركة تماماً (التثبيت) ومسمار آخر للحركة البطيئة - أنظر شكل رقم ١١٩).



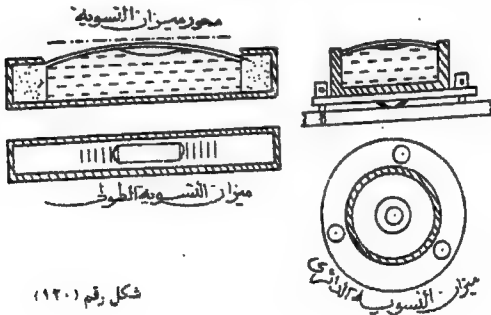
ويوضع على سطح اللوحة ورقة الرسم التي سترفع عليها التفاصيل الموجودة في المنطقة. وتثبت عليها بالورق اللاصق، وتفضل المشابك المعدنية حتى يمكن نزعها وتركيبها بسهولة.

٢ - ميزان التسوية Spirit Level

وهو إما مستطيل في أغلب الأحيان أو مستدير الشكل. ويطلق عليه (ميزان المياه) والغرض منه ضبط اللوحة تماماً على المستوى الأفقي.
والنوع الأول يتركب من أنبوبة زجاجية مستطيلة تملأ بالكحول السائل أو الإيثير أو الهيدروكربون في معظم الأحيان خاصة البنتين Pentane كما هي الحال في أغلب موازين التسوية الحديثة. إذ أن هذه السوائل متماسكة وأقل لزوجة

عن الماء، كما أنها سريعة الحركة فضلاً عن أن درجة تجمدها منخفضة جداً. وفي الأجهزة التي تتطلب حساسية عالية تستعمل سوائل ذات أقل لزوجة ممكنة. ويترك في الأنبوبة فراغاً يشغله بخار السائل المستخدم، ويسمى هذا الفراغ «بالفقاعة» Bubble يتحرك مع حركة الأنبوبة وتوجد دائماً في الجانب الأعلى منها. وعلى جانبي منتصف الأنبوبة تحفر خطوط على الزجاج على أبعاد متساوية، حتى يمكن التأكد من الوضع الأفقي لميزان التسوية عندما تكون الفقاعة في وسط الأنبوبة. وتوضع هذه الأنبوبة في غلاف نحاسي سطحه السفلي مستوياً تماماً وموازي محور الأنبوبة. فإذا وضع ميزان التسوية على سطح أفقي لبنت الفقاعة في منتصف الأنبوبة، أما إذا وضع على سطح مائل إتجهت الفقاعة نحو الجانب الأعلى للأنبوبة.

وقد يكون ميزان التسوية على هيئة دائرة، وفي هذه الحالة تكون الخطوط التي تحدد وسط الدائرة عبارة عن «دوائر متداخلة» حتى يمكن ضبط الفقاعة داخلها. ومعظم الأجهزة المساحية مشيت بها ميزان سدبة دائري مثل التهودوليت. وقد يلحق ميزان التسوية بالبوصلية المنشورية أو البوصلة في بعض الأحيان لضمان أفقيتهما. وتستعمل ميزان التسوية في ضبط أفقية اللوحة المستوية قبل إجراء أى عملية رفع. والشكل رقم (١٢٠) يوضح قطعاً طولياً ومقطعاً أفقياً لكل من ميزاني التسوية الطولي والعرضي.



٣ - البوصلة الصندوقية Box Compass

الغرض منها تحديد اتجاه الشمال المغناطيسى فقط. وهى عبارة عن إبرة مغناطيسية، تتركز على سن مدب لتكون حرة الحركة، مركبة داخل صندوق مستطيل الشكل من النحاس سطحه مغطى بالزجاج. ويوجد فى جدرانها مسمار لوقف اهتزاز الإبرة ومن ثم يسهل ضبطها. ومثبت فى داخل العلبة عند طرفيها قوسان مقسمان، يبدأ صفرا وترجعهما فى الوسط شكل رقم (١٢١). وعندما يكون طرفى الإبرة منطبقين على صفرى القوسين، تكون الإبرة المغناطيسية فى هذه الحالة موازية لجدار العلبة.

وتستخدم البوصلة الصندوقية فى تحديد اتجاه الشمال المغناطيسى على اللوحة فقط. وذلك بتحرك الصندوق حتى يصبح سن الإبرة المغناطيسية عند صفرى القوسين، فترسم خطاً بالقلم الرصاص على ورقة الرسم موازياً لجدار العلبة ليعين اتجاه الشمال المغناطيسى. ويأخذ عند وضع البوصلة الصندوقية على اللوحة أن يكون اتجاه القطب الشمالى للإبرة فى اتجاه الشمال المغناطيسى تقريباً.

٤ - برجل المسامت Plumbing Fork

ويسمى أيضاً شوكة الإسقاط. وهى عبارة عن إطار معدنى على شكل حرف U. الطرف العلوى مدب على شكل سهم ليشير إلى مكان النقطة (الوند) المسامت عليها اللوحة، على ورقة الرسم. والطرف السفلى به ثقب أو خطاف، يتدلى منه خيط شاغول ينتهى بنقل الشاغول، ليشير إلى مكان نفس النقطة على الطليعة (الوند). بحيث يكون الوند وخيط الشاغول وطرف السن المدب على

خط رأسى واحد عمودى على سطح الأرض وسطح اللوحة. وفى هذه الحالة تصبح النقطة الموجودة على سطح اللوحة (أمام السن المدب) مسامتة لنظيرتها على الطليعة (الوند). (شكل رقم (١٢٢)).



شكل رقم (١٢١) البوصلة الصندوقية

• - الأليداد Alidade



وهو أهم الأدوات المستخدمة في إجراء المساحة باللوحة المستوية وله أنواع متعددة والأليداد في أبسط أنواعه عبارة عن مسطرة من الخشب ذات قائمين في نهايتها، تسمى مسطرة التوجيه أو «المضادة»، وبأحد القائمين قطعة طولية أو شرج وبالقائم الثاني المقابل شباك به شجرة طولية من السلك، والخط الواصل

شكل رقم (١٢٢) بوجل الصامت

بين الشجرة والشرج عبارة عن خط النظر ويكون موازياً لحافة المسطرة شكل رقم (١٢٣) إلا أنه مثل هذا النوع غير دقيق ولا يستعمل إلا في الأرصاد القصيرة المدى وغير الدقيقة.



شكل رقم (١٢٣) مسطرة التوجيه (المضادة)

أما الأليداد الحديث أو الأليداد التلسكوبى فهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو الألومنيوم ذات حافة مستقيمة عليها مسطرة متوازيات متحركة، يمكن تغييرها في بعض الأنواع بمساطر مختلفة ذات مقاييس رسم تختلف تبعاً لمقياس الرسم المنتخب أثناء العمل في الحقل (شكل رقم ١٢٧).

ومثبت على المسطرة حامل عمودى عليها، له ميزان تسوية ومسار لضبط رأسياً تماماً وفي أعلاه منظار تلسكوبى يدور حول محور أفقى بحيث أنه عند ضبط أفقية اللوحة تصبح مسطرة الأليداد أفقية أيضاً والقائم رأسى تماماً. والمنظار يدور فى مستوى رأسى وخط نظره موازياً لحافة المسطرة.

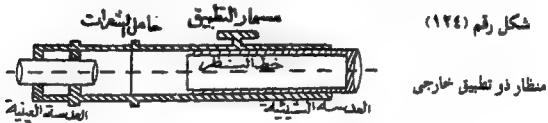
ويستعمل الأليداد في رصد النقاط والأهداف وبيان اتجاهاتها في الطبيعة

على سطح اللوحة. ويتصل بالمنظار دائرة رأسية مركب عليها زווية لقياس الزوايا الرأسية للأهداف المرصودة لارتفاعاً أو إنخفاضاً. ويمكن إستخدام الأليداد والدوائر الرأسية في إجراء المساحة التاكومترية.

ونظراً لأهمية الأليداد ولما كانت معظم الأجهزة المساحية مزودة بمنظار تلسكوبى يساعد على رؤية صورة واضحة للهدف البعيد، لذا كان ضرورياً أن نلم إلماً تفصيلاً بالمنظار وأنواعه وفكرته. ومنظار الأليداد - ومعظم الأجهزة المساحية نوعان :

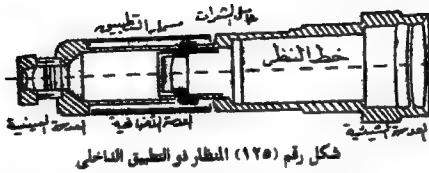
أ - المنظار ذو التطبيق الخارجى : Externl Focusing

ويتكون من أسطوانتين تتحرك إحداهما داخل الأخرى على محور أفقى واحد (شكل رقم ١٢٤). فالأسطوانة الداخلية تنزلق بإحكام داخل الأسطوانة الخارجيه فى حدود من ثلاثة إلى خمسة سنتيمترات. وفى طرفى الأسطوانة الداخلية توجد عدسة مركبة تتكون من عدستين متلاصقتين إحداهما محدبة وأخرى مقعرة - تسمى العدسة الشيئية - والغرض منها الحصول على صورة حقيقية مصغرة للمركبات البعيدة. وفى الطرف الثانى من الأسطوانة الخارجيه توجد عدسة مركبة، تتكون من عدستين (كل منهما محدبة من ناحية ومسطحة من الناحية الأخرى) على بعد معين من بعضهما - وتسمى بالعدسة العينية. والغرض منها تكبير صورة الهدف التى تكونها العدسة الشيئية.



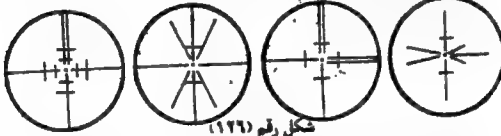
ب - المنظار ذو التطبيق الداخلى : Internal Focussing

وتتمثل فى أغلب المناظير الحديثة. ولا يختلف فى تركيبه عن المنظار ذو التطبيق الخارجى، فيما عدا العدسة الشيئية، فإنها ثابتة لا تتحرك عند طرف أنبوبة المنظار، ويحدث التطبيق بواسطة عدسة إضافية مركبة تتحرك عن طريق مسمار التطبيق لتوضح صورة الهدف. شكل رقم (١٢٥).



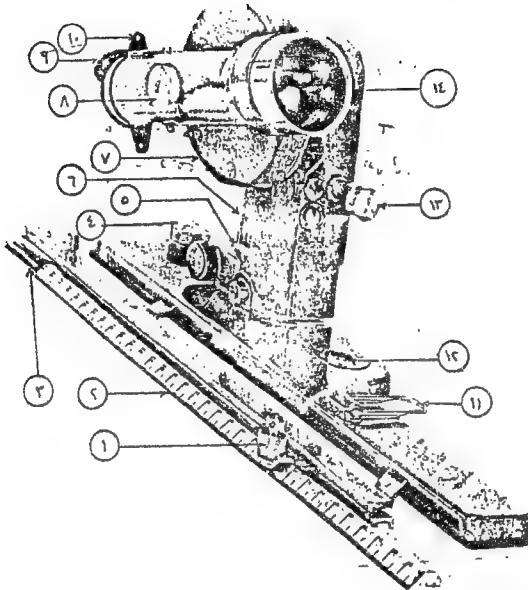
شكل رقم (١٢٥) المنظار ذو التطبيق الداخلي

وعلى مسافة صغيرة من العدسة العينية يوجد حامل الشعرات، والفرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة الأهداف المرصودة. وحامل الشعرات عبارة عن حلقة من النحاس تثبت في مكانها داخل أسطوانة المنظار بطريقة معينة تسمح بتحريك حامل الشعرات أفقياً ورأسياً وأيضاً حركة دورانية حول محوره الأفقى، والشعرات تظهر مكبرة عند رؤيتها خلال العدسة العينية. ويؤد حامل الشعرات بشعرتين متعامدتين إحداهما رأسية والأخرى أفقية وشعرات إضافية تستخدم في أغراض أخرى تبعاً لاستخدام الجهاز. وشكل رقم (١٢٦) يوضح بعض الأشكال المختلفة التي يظهر عليها حامل الشعرات.



شكل رقم (١٢٦)

وهناك وسائل مختلفة لاعداد هذه الأشكال التي يظهر عليها حامل الشعرات ومنها خيوط العنكبوت، وقد قل إستخدامها في الوقت الحاضر لحساسيتها الكبيرة وتعرضها المستمر للقطع والإرتخاء بالرطوبة فضلاً عن صعوبة تركيبها. وقد تصنع خيوط حامل الشعرات عن طريق الحفر على لوح رقيق من الزجاج المصنفر. ونعتاز بأن الوضع النسبي بين الخيوط لا يتغير كما في حالة خيوط العنكبوت. ويعتبر هذا النوع أفضل وأدق الأنواع ويستخدم في معظم الأجهزة الحديثة وإن كان عيبه أنه يحتاج إلى تنظيف مستمر. أما الوسيلة الثالثة لصنع حامل الشعرات ، فهي عبارة عن أسلاك معدنية رفيعة من البلاتين، وهي أحسن الأنواع على الإطلاق للأعمال المساحة الدقيقة ولا تتعرض كثيراً للكسر وتبقى عن إستعمال الزجاج وتظل مضبوطة لسنوات عديدة.



شكل رقم (١٢٧) أليداد وايلد WILD طراز RKI

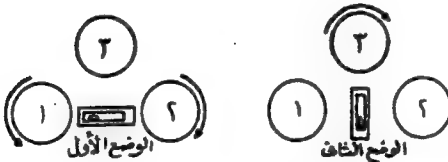
- ١ - من توقيع الإيحاءات.
- ٢ - مسطرة التوقيع (تعتبر تيمناً بقياس الرسم).
- ٣ - مسطرة التوازي المتحركة.
- ٤ - مسطرة ضمد المحور الرأسى للأليداد.
- ٥ - ميزان مياه طولى لضمد المحور الرأسى.
- ٦ - حامل المنظار.
- ٧ - الدائرة الرئيسة لقياس زوايا الميل.
- ٨ - مسمار التطبيق لضبط وضوح الصورة.
- ٩ - العدسة العينية للمنظار.
- ١٠ - ثقب للضبط التقريبى بالمعين المجردة.
- ١١ - مثبت لتثبيت مسطرة التوازي بحافة الأليداد.
- ١٢ - ميزان مياه دائرى.
- ١٣ - مسمار حركة المنظار إلى أعلى أو إلى أسفل.
- ١٤ - العدسة الشيعة للمنظار.

إستخدام اللوحة المستوية :

عند إستخدام اللوحة المستوية فى الحقل يجب أن تتوفر الشروط الثلاثة الآتية:

١- أفقية اللوحة :

بعد تثبيت أرجل الحامل فى الأرض جيداً، مع مراعاة جعل اللوحة المستوية أفقية تقريباً بالنظر، نضع ميزان التسوية الطولى على سطح اللوحة موازياً لمسارين من مسامير التسوية (المسامير ١، ٢ - شكل رقم ١٢٨) وندار المسارين معاً إما إلى الداخل أو إلى الخارج حتى تصبح الفقاعة فى منتصف مجراها. ومعنى ذلك أننا نرفع اللوحة من جهة ونخفضها من جهة أخرى حتى تصبح أفقية فى إتجاه المحور الطولى للميزان وتحمل كل مسمار من هذين المسارين نصف الخطأ بدلاً من أن يتحملة مسمار واحد منهما. ثم ندير ميزان التسوية حتى يأخذ وضعاً متعامداً على وضعه الأول ونضبط الفقاعة بتحريك مسمار التسوية الثالث، كما هى الحال فى الوضع الثانى - شكل رقم (١٢٨). ونكرر هذه العملية عدة مرات حتى نظل الفقاعة فى منتصف مجراها فى جميع أوضاع ميزان التسوية.



شكل رقم (١٢٨) ضبط أفقية اللوحة المستوية بميزان التسوية الطولى

أما فى حالة إستخدام ميزان التسوية الدائرى، فإننا ندير مسمار التسوية الذى يعمل مع مركز الجهاز فى نفس الإتجاه الواجب تحريك الفقاعة عليه. ففى الشكل (١٢٩ - أ) ندار مسمار التسوية رقم ٢ فى إتجاه عقرب الساعة حتى

تصبح الفقاعة والدائرة (التي يجب أن تدخل فيها الفقاعة عندما يكون ميزان التسوية أفقياً) على خط عمودي على الخط الواصل بين المسامير ١، ٢ (شكل رقم ١٢٩ - ب). لم ندير مسمار التسوية رقم ٣ ضد اتجاه عقرب الساعة فلاحظ تحرك الفقاعة حتى تدخل في دائرة مركز ميزان التسوية، عندئذ تصبح اللوحة أفقية.



شكل رقم (١٢٩) ضبط أفقية اللوحة المستوية

باستخدام ميزان التسوية الدائري

٢ - التمامات : Centering

بعد ضبط أفقية اللوحة المستوية، نضع برجل التمامات فوق اللوحة، ونعلق عيط الشاغل ونقله الأسفل. تحرك البرجل فوق اللوحة حتى يصير سن الشاغل فوق مركز الوند تماماً. عندئذ نضغط بسن القلم الرصاص عند نهاية الطرف العلوي المدب للبرجل فتتضمن بذلك نقطة على ورقة الرسم مسامتة تماماً للنقطة الموجودة في الطبيعة أسفلها (الوند).

ويجب أن نأخذ في الاعتبار، عند وضع اللوحة المستوية، أن تكون النقطة التي سنسامت عليها من الطبيعة إلى سطح اللوحة، في وضع مناسب بالنسبة للمنطقة وتسمح برفع التفاصيل والأهداف المطلوبة داخل حدود ورقة الرسم المثبتة على اللوحة ولا تخرج منها.

٣ - التوجيه الأساسي : Orientation

وهو توجيه اللوحة المستوية بطريقة معينة متكلم عنها بالتفصيل فيما بعد، حتى تكون الظاهرات المبينة على الخريطة المثبتة على سطح اللوحة المستوية، موازية ومطابقة لنظائرها الموجودة في الطبيعة.

طرق الرفع باللوحه المستوية

هناك طرق مختلفة لإجراء المساحة باللوحه المستوية، يختار منها الملائم لطبيعة المنطقة المراد رفعها بعد معاينتها. فقد تكون المنطقة ذات سطح مستوى تقريباً وعوائق الرؤية أو القياس قليلة، وقد تكون وعرة السطح أو شديدة التضرس والعقبات التي تمنع الرؤية أو القياس كثيرة. وقد يكون الهدف من المساحة رفع مضلعات أو توافيس فقط أو رفع التفاصيل والأهداف فقط أو الإثنين معاً. لذلك تعددت طرق الرفع باللوحه المستوية. وهذه الطرق بعضها لا يستخدم إلا لرفع المضلع الأساسي أو التوافيس فقط (طريقة اللف والدوران وطريقة التقاطع العكسي) وبعضها لرفع التفاصيل فقط (طريقة الثبات أو الإشعاع) والبعض الآخر لرفع المضلعات والتفاصيل معاً (طريقة التقاطع الأمامي). وقد تستخدم أكثر من طريقة في هذه الطرق في رفع المنطقة وذلك تبعاً لطبيعة سطح الأرض واتساع المنطقة المرفوعة.

١ - طريقة الإشعاع : Radiation

وهي أكثر الطرق إنتشاراً وأهمها لرفع التفاصيل والأهداف باستخدام اللوحه المستوية وهذه الطريقة تستخدم وحدها لرفع المضلع أو التوافيس وكذلك التفاصيل الموجودة في الطبيعة في حدود ما يمكن رؤيته من الأهداف. ويمكن إستخدام هذه الطريقة في الحالات الآتية :

* عندما يمكن رؤية جميع النقط سواء كانت للمضلع أو للتفاصيل من نقطة واحدة مختارة، حتى ولو كانت هذه النقطة إحدى نقط المضلع نفسه في حالة رفع المضلعات. ويفضل أن تكون هذه النقطة في مكان متوسط داخل المنطقة المراد رفعها.

* عندما يمكن قياس المسافات بين هذه النقطة المختارة وبين نقط التفاصيل أو رؤوس المضلع مباشرة، دون وجود عوائق أو عقبات تعوق القياس المباشر. أما إذا كان تقدير المسافات بالقياس التاكيمترى (غير المباشر) فيكون إستعمال طريقة الثبات في هذه الحالة مناسباً جداً.

طريقة العمل :

١ - إذا كان المطلوب رفع منطقة محددة بالأهداف أ، ب، ج، د، هـ، ط مثلاً.

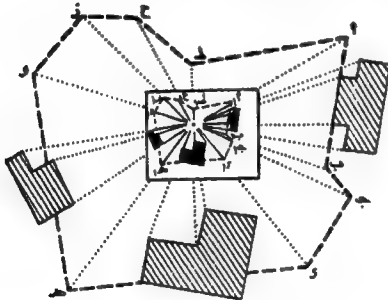
نبدأ بإختيار نقطة مناسبة تتوسط المنطقة حيث يمكن منها رؤية جميع هذه الأهداف.

٢ - نثبت اللوحة المستوية فوق النقطة المختارة ونضبط أفقية اللوحة المستوية. نرفع هذه النقطة (ولتكن س) على اللوحة للمستوية بواسطة برجل التسامت (س١) مع ملاحظة أن تكون اللوحة المستوية مربوطة جيداً حتى لا تلف حول محورها الرأسى أثناء العمل. (شكل رقم ١٣٠).

٣ - نوجه منظار الألبداد إلى الهدف أ، مع مراعاة أن يكون حرف مسطرة الألبداد مماساً للنقطة س١ والشعرة الرأسية تصف الهدف أ. نرسم شعاعاً على حافة المسطرة مبتدئاً من نقطة س١ فى إتجاه الهدف أ. نقيس طول الإجماع س أ فى الطبيعة بالشريط ونوقع هذا الطول على الشعاع السابق رسمه على اللوحة طبقاً لقياس الرسم المنتخب فتتحدد نقطة أ١ المقابلة للهدف أ فى الطبيعة.

٤ - نكرر نفس العمل بالنسبة لباقى الأهداف أو التفاصيل المراد رفعها فتتج لنا فى النهاية خريطة للمنطقة. عليها المضلع الأساسى والتفاصيل.

٥ - ولتحقيق العمل، تقاس بعض الأطوال فى الطبيعة وتقارن بأطوالها فى الرسم، فإذا إتفقت فى حدود المسموح به، ترفع كافة التفاصيل بطريقة الإشعاع. وقد تكمل بعض التفاصيل بطريقة التحشية على الأضلاع القريبة منها كما سبق أن ذكرنا فى المساحة بالجنزير.



شكل رقم (١٣٠)

طريقة الإشعاع

ملاحظات على طريقة الإشعاع :

أ - تمتاز هذه الطريقة بالإستغناء عن عملية التوجيه الأساسى وهى عملية مبهمة وتأخذ وقتاً طويلاً.

ب- تعتبر هذه الطريقة من أسرع الطرق، إذا كانت جميع النقط والأهداف المرصودة لا تبعد عن مكان الجهاز بأكثر من طول الشريط المستعمل.

ج- لا ينتج عنها خطأ القفل نتيجة للتمركز فى نقطة واحدة متوسطة للمنطقة، وإن كان ينتج عنها بعض الأخطاء الناتجة من القياس نفسه، خاصة إذا كانت الأطوال الكبيرة.

د - لو حدث خطأ فى توجيه خط النظر نحو أى هدف أو حدث خطأ فى قياس أى إجهاد فلا يمكن إكتشافه، ولذلك يجب العناية والدقة أثناء العمل مع إجراء عملية التحقق بعد رصد كل بضعة أهداف.

٢ - طريقة اللب والدوران : Traverse

تستخدم طريقة اللب والدوران فى رفع المضلعات أو الهياكل فقط، لذا تسمى أيضاً فى بعض الأحيان بطريقة الترافيرس. وفى هذه الطريقة تنتقل باللوحة المستوية من نقطة إلى التى تليها من نقط رؤوس المضلع. أما التفاصيل فيتم رفعها بعد ذلك بطريقة الإشعاع بعد رسم المضلع الأساسى وتصحيحه. كما تستخدم هذه الطريقة أحياناً فى رفع الطرق والسواحل والقنوات، حيث تختار نقط المضلع عند الإنحناءات، وتوقع التفاصيل على جانبى الطريق بواسطة التحسية (المساحة بالجزير)، أما المباني فتوقع بطريقة الإشعاع.

وتستخدم هذه الطريقة فى الحالات الآتية :

- * عندما يمكن إحلال كل نقطة من رؤوس المضلع باللوحة المستوية.
- * عندما يمكن قياس جميع أطوال خطوط المضلع قياساً مباشراً.
- * يتحتم إستعمال هذه الطريقة، عندما لا ترى كل نقطة من رؤوس المضلع باقى النقط الأخرى بسبب إفساد المنطقة المرفوعة، ووجود موانع الرؤية. وبشرط أن ترى كل نقطة النقطتين المجاورتين لها من رؤوس المضلع السابقة والتالية.

طريقة العمل :

١ - ننتخب نقط رؤوس المضلع المحيط بالمنطقة المراد رفعها، وليكن أ ب ج د هـ، ثم نقيس أطوال أضلاعه بدقة.

٢ - نضع اللوحة المستوية فوق نقطة ولتكن أ. وبعد ضبط أفقية اللوحة وبعطها جيداً، نعين على اللوحة (أ) باستخدام برجل التسامت، بحيث تكون فى مكان مناسب من اللوحة بالنسبة لشكل المضلع كله.

٣ - نعين إتجاه الشمال المغناطيسى فى ركن من أركان اللوحة المستوية بواسطة البوصلة الصندوقية لمساعد بعد ذلك فى إجراء عملية التوجيه الأساسى عند تثبيت اللوحة المستوية فى النقط الأخرى من رؤوس المضلع.

٤ - نضع الأليداد بحيث تمر حافة مسطره بالنقطة أ ونوجهه فى إتجاه النقطة ب حتى يتم رصداه بالمنظار. ونرسم الشعاع أ ب طوله يساوى طول أ ب على الطبيعة تبعاً لمقيا الرسم المنتخب.

٥ - ننقل باللوحة المستوية إلى نقطة ب، ونسامت عليها بالتقريب مع مراعاة وضع اللوحة فى وضع مناسب بالنسبة لشكل المضلع. وبعد ضبط أفقية اللوحة المستوية نبدأ فى إجراء عملية التوجيه الأساسى أى :

* يكون الضلع ب أ متطابقاً وموازياً لنظيره على الطبيعة ب أ.

* نكون نقطة ب السابق توقييمها على اللوحة (أثناء إحتملال النقطة أ) مسامتة على نظيرتها ب فى الطبيعة.

* يكون إتجاه الإبرة المغناطيسية موازياً على نظيره السابق رسمه على اللوحة.

ويتم ذلك على النحو التالى :

* نضع حافة مسطرة الأليداد على الشعاع ب أ ، ونفك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية الموجودة بالركبة، وندير اللوحة حتى نرصد نقطة أ فى الطبيعة ثم نربط المسطر.

* نضع برجل التسامت بحيث يلامس سنه العلوى النقطة ب على اللوحة، فيجب أن يكون ثقل الشاغل مسامتاً فوق نقطة ب.

* فإذا كان الأمر كذلك نمت عملية التوجيه الأساسى، وللتأكد نضع اليوصلة الصندوقية بحيث ينطبق جدارها على إتجاه الشمال المغناطيسى السابق رسمه ونلاحظ الإبرة المغناطيسية التى ينطبق طرفها على منتصف القوسين الشمالى والجنوبى.

أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغل ونقطة ب صغيرة ولا تتعدى ٣ - ٤ سم أى أن عملية التوجيه الأساسى غير سليمة، فى هذه الحالة نلثك مسمار ربط الركبة فى الحامل الثلاثى، ونحرك اللوحة المستوية بالكامل، مع النظر - فى نفس الوقت - فى منظار الأليداد نحو النقطة أ والمحافظة على ثبات خط النظر إلى أ وإنطباقه على الشعاع ب ١، حتى تصبح نقطة ب ١ مسامته على نظيرتها ب فى الطبيعة، عندئذ نربط مسمار الركبة فى الحامل الثلاثى.

نعيد عملية ضبط اللوحة المستوية التى تكون قد تأثرت قليلاً (نتيجة فك الركبة من الحامل الثلاثى) ونلثك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية ونوجه الأليداد نحو نقطة أ - بحيث تكون حافة مسطرة الأليداد منطبقه على الإتجاه ب ١، ثم نربط المسمار ونسامت نقطة ب ١ على السطح على نقطة ب أسفلها فى الطبيعة فتتحقق بذلك عملية التوجيه الأساسى.

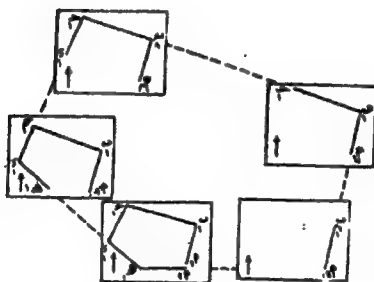
أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغل ونقطة ب تزيد عن ٣ - ٤ سم أو طاقة حركة المحور الرأسى للركبة داخل الدائرة الموجودة بالحامل الثلاثى، فعفى هذه الحالة نرفع الحامل باللوحة المستوية بالكامل ونحرك قليلاً فى إتجاه نقطة ب، حتى يسامت ثقل الشاغل على نقطة ب (مع ثبات سن برجل التسمات على نقطة ب)، ومراعاة أن تكون اللوحة أفقية بقدر الإمكان مع المحافظة على التوجيه إلى نقطة أ بقدر الإمكان أيضاً. ثم نثبت أرجل الحامل الثلاثى جيداً ونضبط أفقية اللوحة المستوية بدقة ونعاد عملية التوجيه السابق ذكرها آنفً حتى نتأكد من :

* مسامتة نقطة ب ١ على نظيرتها فى الطبيعة (برجل التسمات).

* إنطباق الشعاع ب ١، على نظيرة فى الطبيعة (بالأليداد).

* إنطباق إتجاه الإبرة المغناطيسية على إتجاه الشمال المغناطيسى (بالبرصلة الصندوقية).

- ٦ - من نقطة ب على اللوحة المستوية، نوجه الأليداد إلى نقطة جـ و نرسم شعاعاً إليها ونعين عليه الطول ب ١ جـ ١ طبقاً لمقياس الرسم المستخدم، فنعين نقطة جـ ١.
- ٧ - نتقل إلى نقطة جـ، ونجرى عملية التوجيه الأساسى بالرصد على نقطة ب، كما سبق أن ذكرنا (بند رقم ٥)، ومن ثم نحدد نقطة د ١ على اللوحة، وهكذا حتى تنتهى إلى نقطة هـ ونوجه على نقطة أ. شكل رقم (١٣١).



شكل رقم (١٣١) طريقة اللف والدوران (التواليهوس)

- ٨ - عند الوصول إلى نقطة هـ والتوجيه منها إلى النقطة أ، نلاحظ أنه - إذا كان العمل دقيقاً - فإن الشعاع المرسوم من هـ ١ فى اتجاه أ ينتهى عند نقطة أ ١، بعد قياس طول الضلع هـ أ عليه تبعاً لمقياس الرسم. وهذا يتم فى أحوال نادرة خاصة إذا كان المساح ماهراً وله خبرة طويلة فى استخدام هذه الطريقة ودقيقاً فى عمله. ولكن فى معظم الأحيان، نلاحظ أن الشعاع هـ ١ أ لا ينتهى عند نقطة أ، الواقعة عند بدء العمل وهو ما يسمى بخطأ القفل. يصبح خطأ القفل إذا كان مسموحاً به (راجع

فى ذلك كيفية تصحيح خطأ القفل التى سبق أن أشرنا إليها^(١١).

٩ - بعد رسم المضلع مصححاً على اللوحة، نبدأ فى رفع التفاصيل. وذلك بإحتلال كل نقطة من نقط الترافيرس وتوجيه اللوحة توجيهها أساسياً بالنسبة للنقطة السابقة لها والنقطة اللاحقة لها. فمثلاً إذا كانت اللوحة موضوعة فوق النقطة جـ، فيجب أن يكون الشعاع جـ ب ١ منطبقاً على خط النظر جـ ب وكذلك الحال بالنسبة للشعاع جـ د ١ وخط النظر من جـ إلى د، وفى نفس الوقت تكون جـ مسامتة على جـ تماماً.

١٠ - بعد إجراء عملية التوجيه الأساسى فوق النقطة المحتلة، نبدأ فى رفع التفاصيل والأهداف المطلوبة فى المنطقة المحيطة بالنقطة المحتلة باستخدام طريقة الإشعاع وهكذا بالنسبة لباقى نقط المضلع.

ملاحظات على هذه الطريقة :

أ - تحتاج إلى مجهود كبير ، خاصة فى عملية التوجيه الأساسى للوحة المستوية فى كل مرة، والذي ينتج عن عدم دقته الكاملة حدوث خطأ القفل.

ب- بعد أن تتم عملية التوجيه الأساسى، يجب ألا تتحرك اللوحة أو تهتز فى الاتجاه الأفقى، وإلا حدثت أخطاء كبيرة فى الرصد، إذ تصبح إجهادات الأهداف المرصودة فى مواضع غير صحيحة بالنسبة للإجهاد الحقيقى، مما يضطر المساح لإعادة العمل.

ج- من عيوب طريقة الملف والدوران، قياس أطوال أضلاع الترافيرس وهى عملية مجهددة خاصة إذا كان القياس مباشراً بالشريط أو الجيزير وكانت أطوال الأضلاع كبيرة. ويستحسن أن تقاس أطوال الأضلاع بالقياس التاكيومترى.

د - من عيوب هذه الطريقة أيضاً، حدوث خطأ القفل نتيجة لعدم الدقة فى التسمات والتوجيه الأساسى ونتيجة لعدم الدقة فى قياس أطوال المضلع.

فإذا كان مسموحاً به أمكن تصحيح المضلع، أما إذا كان غير مسموحاً به فعادة العمل مرة أخرى.

٣ - طريقة التقاطع الأمامى Intersection

وهي من أفضل طرق الرفع باللوح المستوية، سواء في رفع المضلعات الأساسية أو في رفع التفاصيل مباشرة، نظراً لسهولة ودقة نتائجها وتتمثل طريقة التقاطع عادة في رفع الخرائط الكتتورية ذات المقاييس الكبيرة ١/٢٥٠٠٠، وذلك لتفادي قياس الأبعاد الطويلة التي يصل طولها في بعض الأحيان إلى الكيلومتر أو أكثر.

وتستخدم هذه الطريقة في الحالات الآتية :

* إمكانية رؤية جميع النقاط المحددة لرؤوس المضلع أو التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها إلى اللوحة من أي نقطتين سواء كانت هاتين النقطتين من النقاط الرئيسية المحددة لرؤوس المضلع أو داخل هذا المضلع أو خارجه.

* إمكانية قياس المسافة بين النقطتين المختاريتين، قياساً دقيقاً. وتسمى هذه المسافة بخط القاعدة.

* إمكانية إحتمال طرفي خط القاعدة باللوحة المستوية، لرفع الاتجاهات نحو الأهداف والنقاط المرصودة.

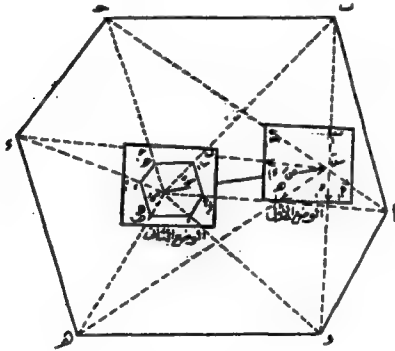
وتمتاز هذه الطريقة بأنها لا تستخدم عملية التوجيه الأساسي إلا مرة واحدة فقط عند الانتقال بين النقطتين المحددتين لخط القاعدة. بالإضافة إلى عدم استخدام القياس المباشر بين طرفي خط القاعدة وبين التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها.

طريقة العمل :

١ - نتخب نقطتين م، م' في وضع مناسب في المنطقة المراد رفعها باللوحة المستوية، بحيث يمكن قياس المسافة بينهما بسهولة ودقة، كما يمكن رؤية ورصد كل نقط المضلع الذي يمثل هيكل المنطقة من هاتين النقطتين. وتسمى الخط الواصل بينهما بخط القاعدة.

٢ - تثبت اللوحة على نقطة س. وبعد توجيه اللوحة بالنسبة للمنطقة وضبط أفقيتها نعين نقطة س على اللوحة بالتسامت، بحيث تكون في وضع مناسب من اللوحة ثم نرصد نقطة س بتوجيه منظار الأليداد إليها، مع مراعاة إطباق حافة مسطرته على النقطة س. نرسم الشعاع س/ من طول مساوي طول خط القاعدة س من طبقاً لمقياس الرسم المنتخب.

٣ - نوجه منظار الأليداد إلى جميع النقاط أو الأهداف المطلوب رفعها. وتبين على الأشعة المرسومة على اللوحة اتجاهاتها، ويكتب على هذه الأشعة الملاحظات الخاصة بهذه الأهداف المرصودة. أنظر شكل رقم (١٣٢) «الوضع الأول».



شكل رقم (١٣٢) طريقة التقاطع

٤ - تنتقل باللوحة المستوية إلى الطرف الثاني من خط القاعدة حيث نقطة س «الوضع الثاني». ثم تجرى عملية التسامت عليها وكذلك التوجيه الأساسي إلى نقطة س، حتى تصبح نقطة س على اللوحة متسامتة تماماً على نقطة س في الطبيعة وتنطبق مسطرة الأليداد على الشعاع س/ ونخط

نظر منظار الأليداد فى إجتاه نقطة س.

٥ - نرسم من نقطة م أشعة تمثل إجتاه منظار الأليداد إلى نفس النقطة والظواهرات والأهداف السابق رسم أشعة إليها من نقطة س. فيتقاطع كل شعاعين مرسومين من طرفى خط القاعدة (على اللوحة) إلى نفس النقطة أو الهدف فى نقطة واحدة. فتحصل بذلك على موقعها الحقيقى سواء كانت هذه النقطة للمضلع الرئيسى أو للتفاصيل والأهداف المطلوب رفعها.

٦ - لتحقيق العمل يقاس طول أى مسافة بين هدفين على اللوحة ويقارن بطولها على الطبيعة.

ملاحظات على طريقة التقاطع :

أ - نمتاز عن أى طريقة أخرى من طرق الرفع باللوحة المستوية، بسهولة العمل فى الحقل.

ب - تستعمل فى رفع الأهداف التى يصعب الوصول إليها مثل شواطئ الترع، أو رفع المعالم الطبيعية خاصة فى المناطق الصحراوية التى يتعذر فيها السير أو القياس لوعورتها.

ج - تستعمل فى رفع المناطق كبيرة المساحة نسبياً (تبعاً لقوة إحصار منظار الأليداد) ، حيث تكون الأهداف المطلوب رفعها بعيدة ولا يمكن إجراء القياس المباشر بين هذه الأهداف وبين النقطة التى تحتلها اللوحة المستوية، لما فى ذلك من جهد شاق فضلاً عن عدم الدقة.

د - لا يستعمل فيها قياس أى أطوال باستثناء قياس طول خط القاعدة فقط، وقياس بعض المسافات بين الأهداف المرفوعة للتحقيق.

هـ - لا ينتج عنها خطأ القفل إذا استخدمت فى رفع المضلعات.

٤ - طريقة التقاطع العكسى Resection

تستعمل هذه الطريقة عادة فى حالة وجود عوائق تمنع القياس المباشر بين أطوال أضلاع الترافيرس أو المضلع، كما هى الحال فى طريقة اللف والدوران، نظراً لطول المسافات بين رؤوس المضلع، أو عدم إمكان رؤية جميع نقاط رؤوس

الترافيرس من نقطة واحدة أو نقطتين، أى أنه لا يمكن إستخدام أى من الطرق الثلاث السابق ذكرها فى رفع المضلع بسبب عدم إمكان رؤية النقط المحددة له كلها أو حتى القياس لأطوال أضلاعه.

وهذه الطريقة معرضة للخطأ، نظراً لما ينفذ فيها من مجهود شاق. وتستخدم فى رفع المضلعات فقط ولا تستخدم فى رفع التفاصيل، إلا أنه يشترط عند إستخدام طريقة التقاطع العكسى ما يلى :

* إمكان رؤية النقطتين التاليتين للنقطة المختة بالإضافة إلى النقطة السابقة لها.

* إمكان قياس أحد خطوط المضلع المطلوب رفعه.

طريقة العمل :

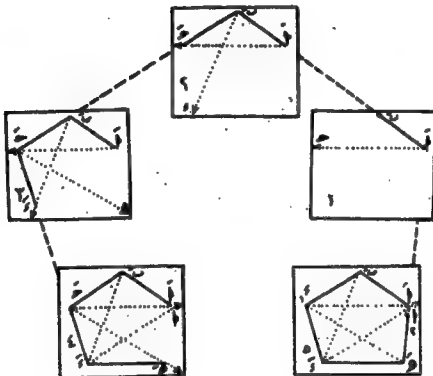
١ - نفرض أن لمنطقة المطلوب رفع هيكلها محددة بالمضلع أ ب ج د هـ وفيه يمكن قياس الضلع أ ب فقط.

٢ - نركز باللوحة المستوية فوق نقطة أ، وبعد ضبط أفقيتها، نعين أعلى اللوحة بالتسامت. نوجه الأليداد إلى النقطة ب. نرسم الشعاع أ ب سوله مساوى طول الضلع أ ب (وبلاحظ أنه الخط الوحيد المقاس). نوجه الأليداد بعد ذلك إلى نقطة جـ ونرسم الشعاع أ جـ سوله غير محدود [الوضع رقم ١ - شكل رقم (١٣٣)].

٣ - ننتقل باللوحة إلى نقطة ب. ونقوم بإجراء عملية التسامت والتوجيه الأساسى على الضلع ب أ ونظيره على اللوحة الشعاع ب أ. نوجه الأليداد إلى النقطة جـ ونرسم شعاعاً من ب فى إتجاه نقطة جـ، فيتقاطع مع الشعاع السابق رسمه من نقطة أ، فتتعين لدينا (على اللوحة) نقطة جـ الموجودة فى الطبيعة. بعد ذلك نوجه الأليداد إلى نقطة د ونرسم شعاعاً من ب فى إتجاهها [الوضع رقم ٢ - شكل رقم (١٣٣)].

٤ - ننتقل باللوحة إلى نقطة جـ. وبعد إجراء عملية التسامت فوقها وكذلك التوجيه الأساسى على الضلع جـ ب (الموجه من قبل من نقطة ب) وعلى الشعاع جـ أ (الموجه من قبل من نقطة أ)، نوجه الأليداد إلى نقطة د ونرسم الشعاع جـ د [الوضع رقم ٣ - شكل رقم (١٣٣)] فيتقاطع مع الشعاع

ب د السابق رسمه من نقطة ب، فنتعين بذلك نقطة د على اللوحة. ثم نوجه الأليداد إلى نقطة هـ ونرسم الشعاع ج هـ.



شكل رقم (١٣٣) طريقة القاطع العكسي

٥ - نكرر نفس هذا العمل في باقى نقط الترافيرس د، هـ. ويراعى أنه عند رصد نقطة أ - أثناء إحلال اللوحة المستوية لنقطة هـ [الوضع رقم ٥ - شكل رقم (١٣٣)] يجب أن يتقاطع الشعاعان المرسومان من نقطة د إلى أ ومن نقطة هـ إلى أ فى نقطة واحدة هى نقطة أ إذا كان العمل صحيحاً ودقيقاً. إلا أن ذلك نادراً ما يحدث بل يتكون لدينا خطأ القفل. إذ يلتقى الشعاعان د أ مع هـ أ فى نقطة (أ) تختلف عن نقطة أ التى بدأ العمل منها.

٦ - يقاس طول خطأ القفل (أ أ)، فإذا كان مسموحاً به، يصحح بالطريقة السابق ذكرها. أما إذا كان غير مسموحاً به فيعاد العمل مرة أخرى.

ملاحظات على طريقة التقاطع العكسي :

* تتميز هذه الطريقة بأنه يمكننا الإستغناء عن قياس أطوال أضلاع الترافيرس، خاصة إذا كانت هذه الأطوال كبيرة، فيما عدا قياس طول ضلع واحد فقط ويفضل أن يكون أصغر الأضلاع طولاً.

* من عيوب هذه الطريقة إجراء عملية التوجيه الأساسي في كل نقطة تختلها اللوحة المستوية - من رؤوس المضلع. وذلك بالرصد على النقطتين السابقتين ، مما يزيد من جهد الراصد . وإن كان ذلك يزيد من دقة هذه الطريقة.

* من عيوب هذه الطريقة أيضاً حدوث خطأ القفل.

ملاحظات عامة على استخدام اللوحة المستوية :

فيما يلي بعض الملاحظات والتوجيهات العامة التي ينبغى على المساح مراعاتها عند القيام باستخدام اللوحة المستوية في رفع نقطة بأى طريقة من الطرق السابق شرحها. وذلك حتى يحصل على أحسن النتائج بأسرع ما يمكن، دون أن تحدث أخطاء في الرصد مما يزيد من جهد المساح في تصحيحها أو إضطراره إلى إعادة العمل مرة أخرى. وما في ذلك من إضاعة للوقت وبذل للجهد، خاصة وإن العمل كله يتم في الحقل وفي ظروف غير مريحة وملائمة للراصد.

١ - عند تثبيت اللوحة المستوية، يراعى أن يكون لارتفاع سطحها أقل قليلاً من ارتفاع «كوع» الراصد حتى تكون اللوحة في وضع مناسب ومريح بالنسبة له أثناء العمل.

٢ - يراعى الضغط على شعب الحامل، قبل ضبط اللوحة المستوية، والتأكد من ثبات اللوحة قبل بدء العمل، حتى لا تميل أثناء العمل في أحد الاتجاهات، ما يضطر الراصد إلى إعادة العمل مرة أخرى.

٣ - التأكد من أن اللوحة مثبتة في الحامل جيداً قبل بدء العمل، حتى لا تدور أثناء الرصد، مما يسبب أخطاءً كبيرة قد لا يشعر بها الراصد إلا بعد الانتهاء من العمل أو أثناء التحقيق، مما يضيع من وقته وجهده في إعادة

العمل أو إجراء ما يلزم من تصحيح الإختلافات المرصودة.

٤ - ينبغي على الراصد الإلتباه إلى عدم الإرتكاز بذراعيه أو بجسمه على اللوحة المستوية أثناء العمل، حتى لا تعيل اللوحة.

٥ - تجنب وضع الأدوات التي لا لزوم لها فوق سطح اللوحة المستوية. فميزان التسوية والبوصلية الصندوقية مثلاً، يجب إعادتهما إلى صندوق حفظ الأدوات والأجهزة، بعد إستخدامهما في عملية ضبط أفقية اللوحة وضبط الإرتواء. وينبغي ألا يوضع على سطح اللوحة أى شئ سوى الأليداد والقلم الرصاص والمسطرة فقط.

٦ - يمكن تغطية الجزء الذى يتم رفعه على اللوحة بالورق الشفاف، وكذلك يغطي الجزء الذى ينتظر عدم الرسم عليه، أثناء إحلال النقطة الموجود فوقها اللوحة المستوية وذلك للإحفاظ بالوحة الرسم «الخريطة» نظيفة دائماً.

٧ - فى حالة رفع تفاصيل منطقة من رؤوس مضلع، فيجب توقيع المضلع وتغييره قبل عملية رفع الأهداف والتفاصيل. كما ينبغي أن تذكر الأطوال بالتر على كائ ضلع من أضلاع الترافيرس.

٨ - يستحسن إستخدام أجود أنواع ورق الرسم الذى لا يتأثر بالعوامل الجوية خاصة الرطوبة. وفى الأعمال الدقيقة، يمكن إستخدام لوحتين من الورق بلصقهم مع بعض جيداً، بحيث يكون إرتواء الألياف فى أحدهما متعامداً مع إرتواء الألياف فى اللوحة الأخرى. وأفضل أنواع الورق نوعى كانتون وفريمانو.

٩ - يراعى أن يكون الرسم بالقلم الرصاص فقط، وأن يكون من الأنواع الصلبة الجيدة H_1 أو H_2 ومبرهاً وذات من رفيع جداً. ويمكن ربط قطعة «صنفرة» بإحدى شعب الحامل لهذا الغرض - كما يجب أن يكون من القلم ملاصقاً لحافة مسطرة الأليداد أثناء رسم الأشعة أو الإختلافات، لفرجة عدم مشاهدة الأشعة المرسومة إلا بعد رفع أو إبعاد حافة مسطرة الأليداد.

١٠ - الإلتباه إلى عدم الضغط بالقلم الرصاص على لوحة الرسم أثناء رسم

الإتجاهات، ليكون من السهل محور الإتجاهات الخاطئة. أما الأهداف المرفوعة، فيمكن أن ترسم حدودها بقلم رصاص أقل صلابة (HB أو B₁ أو F₁) حتى يمكن التمييز بينها وبين الأشعة والإتجاهات.

١١ - يفضل عند رسم الأشعة أن تكون قصيرة. وأن تبدأ بعد مسافة صغيرة (حوالي نصف سنتيمتر) من نقطة التماسات وفي إتجاه الأهداف المرصودة حتى المكان الذي تتوقع فيه توقيع النقطة المرصودة. وذلك حتى يمكن تمييز الأهداف القريبة من الأشعة المتجهة نحو الأهداف الأبعد.

١٢ - عند إحتلال أى نقطة، يبنى التحقق من التوجيه الأساسى على خطين أو أكثر كلما أمكن ذلك. كما يبنى تحقيق الأشعة إلى النقط الرئيسية، من أن لا يمر، أثناء العمل للتأكد من أن اللوحة لم تتحرك ولم تدور لعدم ربط المسامر جيداً. وعند الإنتهاء من العمل يجب التحقق للمرة الأخيرة من صحة التوجيه الأساسى حتى يكون المساح مطمئناً على ما قام به من عمل.

١٣ - عند تحريك الأليداد لرصد هدف جديد، يراعى رفعه من على اللوحة، ثم وضعه مرة ثانية فى إتجاه الهدف الجديد تقريباً. وذلك بدلاً من تحريكه على اللوحة حتى تظل نظيفة من ناحية وحتى لا تهتز اللوحة بسبب هذه الحركة من ناحية أخرى.

١٤ - من أهم الملاحظات أثناء العمل، الإحتفاظ بحافة مسطرة الأليداد مماسة بنقطة التماسات وتربها. ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بفرس دبوس فى نقطة التماسات «المماسية» على النقطة المختلة باللوحة المستوية، وجعل حافة مسطرة الأليداد مماسة للدبوس عند رصد الأهداف المختلفة، ولكن ينتج عن ذلك ثقب متسع عند نقطة التماسات ولإزدياد إنساع هذا الثقب بتوالى الرصد، مما يضعف مكان نقطة التماسات الموقعة من قبل. لذلك يحسن قبل بدء الرصد ورسم الألية أو الإتجاهات، رسم دائرة مركزها نقطة التماسات، بنصف قطر لا يزيد عن نصف سنتيمتر، ورسم قطرين متقاطعين داخل هذه الدائرة يحددان مركزها ويحسن أن تكون الأشعة المرسومة نحو الأهداف المرصودة تبدأ من محيط الدائرة لا من مركزها.

والأنواع الحديثة من الأليداد، بها مسطرة تزاوى مستطيلة متصلة بالمسطرة

الخاصة بالألبيدات نفسه. فعند الرصد يراعى أن تكون حافة مسطرة الألباد قريبة من نقطة التماس فقط (على بعد لا يزيد عن نصف سنتيمتر) دون بذل أى مجهود فى محاولة جعل حافة مسطرة الألباد تمر بالنقطة تماماً. ثم تحرك مسطرة التوازي عن طريق مسمار الحركة الخاص بها - حتى تمر بهذه النقطة. والخطأ الناتج من هذه العملية صغير جداً ولا يؤثر فى حالة المقاييس الكبيرة. وهذه العملية توفر كثيراً من الوقت والجهد.

١٥ - يحسن إستخدام أقل عدد من الاتجاهات أو الأشعة للأهداف المرصودة بقدر الإمكان، وتفاذى الأشعة التى لا لزوم لها، فكلما زاد عددها كلما زاد الجهد والوقت وكلما زاد إحتمال الخطأ.

١٦ - يتوقف نسبة خطأ القفل المسموح به فى رفع المضلعات أو الترافهرسات، على الغرض الذى تنشأ من أجله الخريطة. وعموماً فإن الخطأ المسموح به كما يلى :

- * فى الأراضي الصحراوية والأراضي الوعرة ١ : ١٠٠٠
- * فى الأراضي الزراعية ١ : ٣٠٠٠
- * فى المدن والمشروعات الدقيقة ١ : ٥٠٠٠

وهذه النسبة على أساس : طول الخطأ : طول محيط المضلع.

مصادر الأخطاء فى الرفع باللوح المستوية :

١ - عيوب آلية فى الأدوات والأجهزة المستعملة. كأن يكون خط النظر بمنظار الألباد غير منطبق أو مواز لحافة مسطرة الألباد، أو تلف أحد مسامير التسوية الموجودة بالركبة ...إلخ.

٢ - عدم جودة ورق الرسم المستخدم فى الرسم، وإنكماشه أو إلتوائه بسبب رطوبة الجو. وهذا من أهم مصادر الأخطاء فى الخرائط المرفوعة بمقياس رسم كبير. وقد ينتج أيضاً تعدد فى الورق إذا تم لقه بشدة، لذا يحسن أن تحفظ الخرائط مفردة.

٣ - عدم الدقة فى ضبط أفقية اللوحة المستوية تماماً خصوصاً أثناء رفع مناطق بمقاييس رسم كبيرة.

٤ - أخطاء شخصية، مثل عدم الدقة فى إجراء عملية التسمات أو عدم الدقة فى التوجيه نحو الأهداف المطلوب رفعها أو عدم الدقة فى إجراء عملية التوجيه الأساسى.

٥ - عدم الدقة فى القياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة بمقياس الرسم المنتخب، ولذا يحسن إستخدام مقياس رسم شبكى يقاس إلى أضمر بعد يتم القياس به تبعاً لمقياس الرسم.

٦ - حركة اللوحة أثناء الرصد، بالإرتكاز عليها أو بالضغط أو ترك المسامير غير مربوطة جيداً. ويجب التحقق من أن لآخر من أن اللوحة لم تتحرك (تدور) أو تميل وذلك بالرصد على النقط الأساسية من أن لآخر، من النقطة المسامة للنقطة المحتلة.

القياس التاكيومترى مع اللوحة المستوية

تعنى كلمة تاكيومتر باللاتينية القياس السريع، والتاكيمتر عبارة عن تركيبات خاصة توضع فى منظار جهاز الرصد (الألكيد - الميزان - التيودوليت) لغرض منها إيجاد المسافات والارتفاعات عن طريق الرصد مع إجراء بعض العمليات الحسابية. وهناك بعض الأجهزة صممت خصيصاً حتى يمكن الحصول على المسافات والارتفاعات بدون عمليات حسابية على الإطلاق.

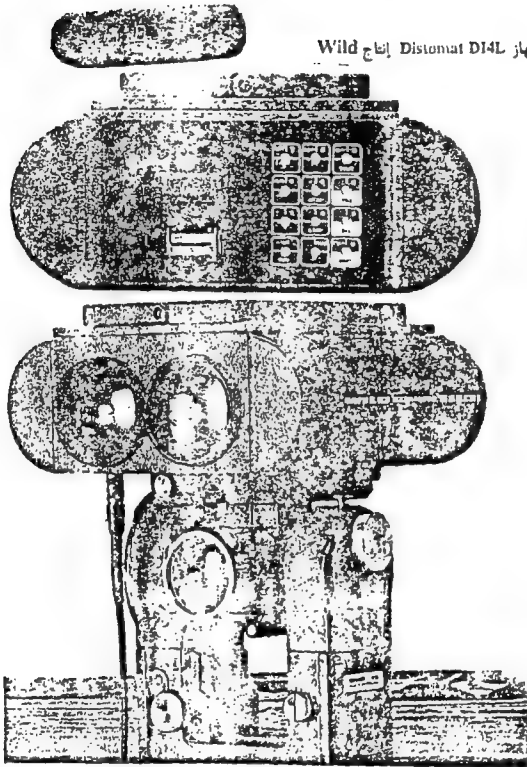
وتعتبر التاكيومترية من أسرع الطرق وأفضلها، طالما أن الدقة الكبيرة غير مطلوبة، وهى أقل دقة من القياس بالشريط أو الجنزير. والقياسات التاكيومترية تتنازع على القياسات بالشريط فى أن أخطاء الأولى متعادلة (هى أنها تتلاشى مع بعضها)، بينما أخطاء الأخيرة غالباً ما تكون تراكمية. فضلاً عن الدقة التاكيومترية فى الأرضى الوعرة قد تفوق دقة القياس بالشريط.

ويستعمل القياس التاكيومترى فى أغراض شتى من أهمها :

* إنشاء الخرائط الكتتورية (الميزانية الشبكية) خصوصاً فى الأرضى غير المستوية، ويعتبر ذلك من أهم أهداف المساحة التاكيومترية.

* رفع وبيان تفاصيل والمناسيب على الخرائط.

جهاز Distomat D14L إنتاج Wild



لقياس المسافة الكسرونية مساه 4 كم نسبة الخطأ 5 ملم / 1 كم.
مركب على تيودوليت T16 مزود بحاسب ثلي لتعيين الإحداثيات مباشرة.

* تعتبر أحسن الطرق لقياس المسافات والتناسيب فى الأرضى الوعرة حيث يصبأ أو يستعمل القياس بالشريط أو القيام بإجراء الميزانية العادية.

* التحقق الميدنى السريع للأبعاد المقاسة بالشريط أو بأى طرق أخرى، خصوصاً فى المسافات الطويلة.

* قياس أطوال أضلاع المضلعات أو الترافيرسات التى تكون الدقة العالية فيها غير مطلوبة.

ويمكن تقسيم طرق القياس التاكومترى إلى ما يلى :

١- طريقة شعرات الإستاديا.

٢- طريقة الظلال.

٣- إستخدام أجهزة خاصة معدة خصيصاً لذلك الغرض (Self-reading Techeometers).

والطريقتان الأولى والثانية - وهما اللتان تهتما - يمكن الإستعانة بهما بإستخدام الأجهزة التى غالباً ما يلجأ إليها الجغرافى لرفع منطقة، مثل اللوحة المستوية أو الميزان، لذلك كان إهتمامنا بهما. أما الطريقة الثالثة - الأجهزة الخاصة - فنظراً لإرتفاع قيمة الأجهزة من ناحية والحاجة إلى دراسة طرق إستخدامها وصيانتها من جهة أخرى، فهى تدخل فى نطاق تخصص مهندس المساحة.

أولاً : طريقة شعرات الإستاديا :

فكرنا من قبل أن منظار الأليداد مزود بحامل للشعرات (أنظر شكل ١٢٦). فعند النظر فى منظار الأليداد (أو أى جهاز مساحى آخر) نلاحظ شعرتين متعامقتين رئيسيتين إحداهما أفقية والثانية رأسية. وعلى الشعرة الرأسية توجد شعرتان ثانيتان أفقيتان توازيان الشعرة الأفقية الرئيسية وعلى مسافة متساوية وبمطلق عليهما إسم شعرات الإستاديا Stadia. ولا بد من إستخدام قامة عند العمل بشعرات الاستاديا، والقامة عبارة عن مسطرة مدرجة طولها أربعة أمتار^(١).

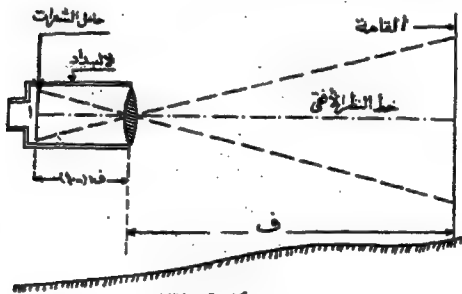
وفى طريقة شعرات الاستاديا تؤخذ الأرصاء والقراءات اللازمة لتعيين البعد

(١) أنظر ص ٣١٧ - ٣٢٠ والشكل رقم (١٥٤).

والمسبوب بتوجيه منظار الأليداد إلى قامة موضوعة رأسياً فوق النقطة المراد إيجاد المسافة بينها وبين الأليداد وكذلك منسوبها، ثم تؤخذ قراءات القامة عند شعرتي الاستاديا العليا والسفلى ومن الفرق بين هاتين القراءتين يمكن حساب المسافة. فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة فإن الجزء المقطوع على القامة والمصور بين شعرتي الاستاديا يتغير تبعاً لذلك ويتوقف مقداره على بعد القامة من الجهاز.

حساب المسافة تاكيومترياً :

يعتمد حساب المسافة على الثابت التاكيومتري للجهاز وهو عادة ما يكون ١٠٠ وقد يكون أقل أو أكثر من ذلك قليلاً فقد يكون ٩٨ أو ١٠١ مثلاً وروغم ذلك فيمكن اعتباره ١٠٠ إذ أنه يمكن إهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند تقدير المسافات. وتعتمد فكرة الثابت التاكيومتري على النسبة والتناسب كما في الشكل التالي رقم (١٣٤).



شكل رقم (١٣٤)

من الشكل نجد أن : $\frac{1}{100} = \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$ (وهو الثابت التاكيومتري)
 $\therefore F = 100 \times x$ وذلك إذا كان خط النظر أفقياً.

حيث x هو الفرق بين قراءتي القامة على شعرتي الاستاديا، ث الثابت التاكيومتري (١٠٠)

فمثلاً إذا وضعت قامة فى نقطة ونظرنا إليها بالأكليداه وكان خط النظر أفقياً وكانت قراءة الشعرة العليا ٠,٦٠ والسفلى ٢,٤٠ فإن المسافة الأفقية بين الأكليداه والقامة تكون :

ف = الفرق بين قراءتى القامة × الثابت التاكويومتري

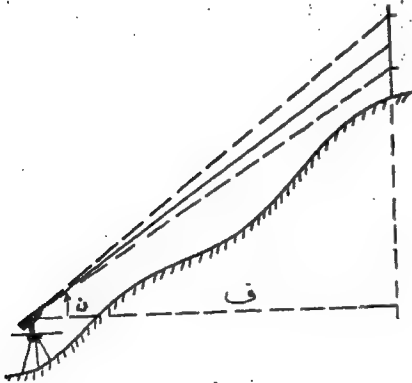
$$= (٠,٦٠ - ٢,٤٠) \times ١٠٠ = ١٨٠ \text{ متر}$$

أما فى حالة ما إذا كانت القامة فى موقع أعلى أو أدنى من اللوحة المستوية كما فى الشكل رقم (١٣٥) فإن خط نظر الأكليداه فى هذه الحالة لا يكون أفقياً بل مائلاً. ولإيجاد المسافة الأفقية نستخدم المعادلة التالية :

$$\text{ف} = \text{هـ} \times \text{ث} \times \text{جنا}^2 \text{ ن}$$

حيث ن هى زاوية الارتفاع أو إنخفاض خط النظر.

فمثلاً إذا وجه الأكليداه إلى قامة موضوعة فوق قمة تل وكان منظار الأكليداه مائلاً بزاوية ٤° إلى أعلى وكانت قراءة شعرتى الأستاذها هى ٠,٦٨ متر، ٣,٤٤ متر.

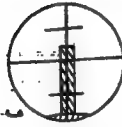
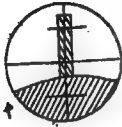


شكل رقم (١٣٥)

فإن المسافة الأفقية :

$$= (3.44 - 0.68) \times 100 \times \text{جنا} 2^\circ =$$

$$= 2.76 \times 100 \times (0.9976) = 274.68 \text{ متر}$$



شكل (١٣٦)

ونلاحظ أنه يتم حساب الفرق بين قراءتي القامة على الشحرتين العليا والسفلى. ولما كان طول القامة لا يزيد عن أربعة أمتار، فمعنى ذلك أن أقصى مسافة يمكن إيجادها بهذه الطريقة لا يزيد عن ٤٠٠ متر. على أساس أن تكون قراءة الشجرة العليا صفراً والسفلى ٤ أمتار (أى طرفي القامة). ولو أنه يمكن مضاعفة تلك المسافة عن طريق رصد إحدى الشحرتين مع الشجرة الوسطى (أنظر شكل رقم ١٣٦ أ، ب) وإن كان ذلك قد يؤدي إلى بعض الأخطاء خصوصاً إذا كانت القامة ليست رأسية تماماً. كما يعتمد ذلك على قوة تكبير منظار الأليداد.

ثانياً : طريقة الظلال :

وهي أقل دقة من الطريقة السابقة وتستخدم في حالة عدم معرفتنا مقدار الثابت التاكيومترى للأليداد وما إذا كان مزوداً أو غير مزود بعدسة تحليلية (وظيفتها إلغاء الثابت الإضافي).

حساب المسافة لتاكيومترياً :

أ - عندما تسمح طبيعة الأرض بقراءة القامة وخط النظر أفقياً :

نوجه الأليداد نحو القامة الموضوعة رأسياً عند النقطة بحيث يكون خط النظر أفقياً (أى أن الزاوية الرأسية تساوى صفراً) ونقرأ قراءة القامة التي تعينها الشجرة الوسطى الرئيسية (هـ) ثم نوجه الأليداد نحو القامة مرة أخرى بحيث يكون خط النظر مائلاً إلى أعلى أو إلى أسفل حسب ما تسمح به طبيعة الأرض ونعين زاوية الارتفاع (ن) ونقرأ القراءة الجديدة التي تعينها الشجرة

الوسطى (هـ). ثم نوجد الفرق بين القراءتين (هـ) شكل رقم (١٣٧).



شكل (١٣٧)

(يمكن أن تكون الزاوية في حالة إرتفاع أو إنخفاض)

$$\text{ف تكون المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفرق بين القراءتين}}{\text{ظل الزاوية الرأسية المقاسة}} \text{ أو } \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن}}$$

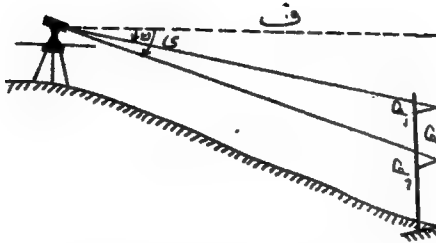
فمثلاً عند توجيه الأليداد أفقياً نحو قمة كانت القراءة على الشعرة الوسطى ٠,٢٢ ثم وجه بزاوية ميل ٢° فكانت القراءة على القمة ٣,٧٩

$$\text{ف تكون المسافة الأفقية :} \quad \frac{٣,٥٧}{٠,٠٣٤٩} = \frac{٠,٢٢ - ٣,٧٩}{\text{ظا } ٢^\circ} = ١٠٢,٢٩ \text{ متراً}$$

ب - عندما لا تسمح طبيعة الأرض بأخذ نظرات أفقية :

في هذه الحالة نوجه منظار الأليداد نحو القمة بزاوية مائلة (ن°) ونسجل قراءة القمة على الشعرة الوسطى (هـ ١) ثم نغير زاوية ميل المنظار إلى (ى°) ونسجل القراءة الجديدة على القمة شكل (١٣٨) ونوجد الفرق بين قراءتي القمة (هـ).

$$\text{وتكون المسافة الأفقية} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن} - \text{ظا ى}}$$



شكل رقم (١٣٨)

فمثلاً إذا كانت زاوية ميل منظار الأليداد $3^{\circ} 20'$ وكانت قراءة القامة 0.053 ثم رصدت القامة مرة أخرى بعد تغيير زاوية ميل الأليداد إلى $3^{\circ} 45'$ وكانت قراءة القامة 3.85 أمتار فتكون المسافة الأفقية

$$= \frac{3.32}{0.0083 - 0.0066} = \frac{0.03 - 3.85}{3^{\circ} 20' - 3^{\circ} 45'} = 454.79 \text{ متر}$$

أما حساب الارتفاعات والمناسيب بكلتا الطريقتين فسوف ندرسه بالتفصيل عند دراسة الميزانية الشبكية والتي تجرى عادة باستخدام اللوحة المستوية.
تعيين الثابت التاكيومترى للأليداد :

فى بعض الأحيان قد لا يذكر على الأليداد ثابتة التاكيومترى أو نرغب فى التأكد من الثابت التاكيومترى للجهاز بدقة فتتبع الخطوات التالية :

أ - نثبت الجهاز على أرض مستوية تقريباً ونندق أوتاد أو شوك على أبعاد $30, 60, 90, 120, 150$ متراً مع ملاحظة قياس هذه المسافات بدقة تامة وبالشرط الصلب.

ب- نضع القامة عند هذه النقط ونرصد قراءات شخرات الاستاديا بعناية تامة عند كل نقطة ويفضل أن تكون القراءات لأقرب ملليمتر إذ أن الخطأ فى الستيمتر الواحد فى قراءة القامة يقابله خطأ قدره متر فى المسافة. نفرض

أن الفرق بين قراءتي الشعرتين العليا والوسطى كان ٢٩،٤، ٨٨،٢، ١١٧،٦، ١٤٦،٧ سم عند المسافات السابق ذكرها بنفس الترتيب.

ج - نألي بمجموع المسافات على الطبيعة

$$= ٣٠ + ٦٠ + ٩٠ + ١٢٠ + ١٥٠ = ٤٥٠ \text{ متراً}$$

ومجموع الفرق بين قراءات الشعرات التي حصلت عليها

$$= ٢٩،٤ + ٥٥،٨ + ٨٨،٢ + ١١٧،٦ + ١٤٦،٧ = ٤٣٧،٧ \text{ سم}$$

$$= ٤،٣٧٧ \text{ متر}$$

$$\text{الثابت التاكويومتري} = \frac{٤٥٠}{٤،٣٧٧} = ١٠٢،٨١ = ١٠٣ \text{ تقريباً.}$$

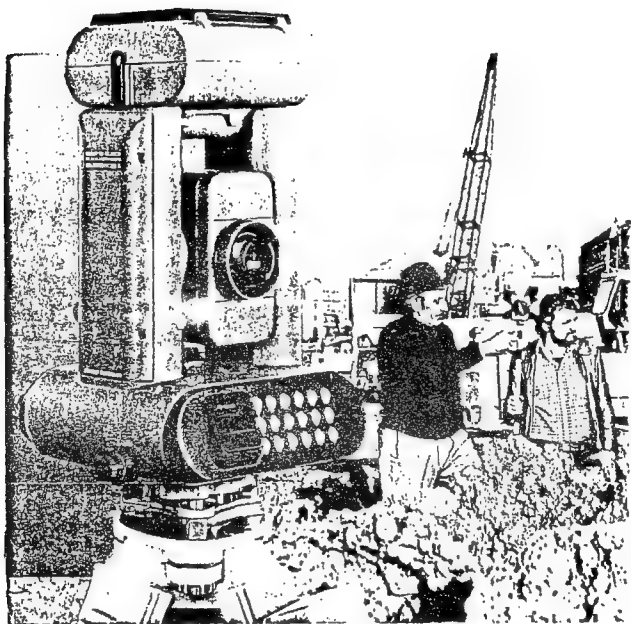
تساوين

- ١ - وضعت قامة أفقية وأخذت عليها قراءات شعرات الاستاديا من الجداد موضوع على مسافة ماء، وكانت القامة عمودية على خط النظر. فإذا كانت القراءات هي ٠،٣٠ متر، ٣،٤٥ متر وكانت الزاوية المحصورة عن الجهاز لهذه المسافة هي ٢٠ ٢٣ ١°. ما هي المسافة الأفقية بين القامة والجهاز وكم تكون المسافة الأفقية لو كان المنظار قد خفض إلى أسفل بمقدار ٣٠°.
- ٢ - وضع تاكويومتر فوق نقطة جـ وأخذت القراءات الآتية على القامتين الموضعتين رأسياً فوق كل من أ، ب فكانت :

القامة	الزاوية الرأسية	قراءات الشعرات بالمتر
أ	٣٠° ٣٥' ٧"	٠،٩٥، ١،٥٠، ٢،٠٥
ب	٤٠° ٥٠' ١٠"	٠،٤٨، ١،٠٠، ١،٥٢

فإذا علم أن الجهاز به عدسة تحليلية والثابت التاكويومتري = ١٠٠ وأن منسوب ب = ٤٢،٠٣ متراً والزاوية أ جـ ب ١٢٠°. أحسب منسوب نقطة أ.

٣ - قمة تل معلوم ارتفاعها بأنه ٢٠,٥ مترا فوق سطح المياه في بحيرة. رصدت هذه القمة من الجانب الآخر للبحيرة، وكانت زاوية ارتفاعها $10^{\circ} 5'$. فإذا كانت زاوية انخفاض صورة القمة في المياه $40^{\circ} 8'$. أوجد المسافة الأفقية من الجهاز إلى قمة التل، أوجد كذلك الفرق بين منسوبي النقطتين.



جهاز Tachymat TCH إنتاج Wild

تاكيموتر الكتروني لقياس الزوايا الأفقية والمسافات حتى ٥ كم. بدقة ٠.٠٠٥ متر
ومزود بحاسب آلي لتحديد إحداثيات الأهداف ومناسبتها.

الفصل السابع

المساحة بالتيودوليت

يعتبر التيودوليت أدق الأجهزة المستعملة فى قياس الزوايا سواء كانت على المستوى الأفقى أو المستوى الرأسى، ولذلك يستعمل فى كل الأعمال المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة فى الأرصاد، مثل الأرصاد الفلكية والميزانيات الدقيقة والشبكات المثلثية، كما يستعمل فى قياس زوايا المضلعات وتوقيع المنحنيات وكافة أعمال التخطيط والتوجيه الدقيق وإنشاء الكبارى والأنفاق، كما يستخدم أيضاً فى المناجم وفى بعض الأعمال العسكرية.

والتيودوليت أنواع كثيرة، منها ماهو للأعمال الدقيقة جداً ومنها ماهو للأعمال العادية، ومن حيث التركيب منها ماهو بالورنيث و ماهو بالميكرومتر ومنها ماهو بالعدسات (ميكرونيك).

والنوعان الأول والثانى غالباً ما يستعملان فى الأعمال العادية أو ذات الدقة العادية. أما النوع الثالث فيستخدم فى الأعمال التى تتطلب دقة عالية، كما أن النوعين الأولين من الأنواع الشائعة الإستعمال لذلك كانت دراستنا عنها بالتفصيل.

التيودوليت ذو الورنية:

وهو أبسط أنواع التيودوليت وأقدمها صنفاً ويستعمل فى الأعمال المساحية التى لا تحتاج دقة كبيرة. وتركب الجهاز من جزئين رئيسيين هما :

١ - الجزء العلوى، ويسمى الأليداد، ويشمل المنظار وحامله والمحور الأفقى للمنظار وقرص الورنيث.

٢ - الجزء السفلى، ويشمل الحافة الأفقية أو المقياس الأفقى مع مايتصل به من أجزاء القاعدة ومسامير التسوية.

وفيما يلى شرح للأجزاء بالتفصيل شكل رقم (١٣٩).

١ - الدائرة الأفقية أو المقياس الأفقى :

عبارة عن قرص معدنى (١) قطره يختلف باختلاف نوع التيومودوليت من حيث دقة القياس، فكلما زاد قطر الحافة الأفقية كلما لارتفعت معها دقة القياس. وقد يسمى الجهاز بقطر دائرته الأفقية، فيقال مثلاً تيودوليت خمس بوصات. وحافة القرص الأفقى مشطوفة ومنخفضة ومحفورة عليها أقسام تبين الدرجات وأجزاء الدرجة (نصف أو ربع أو سدس مثلاً). والتدريج على القرص يبدأ من صفر^{٣٦٠} إلى ٣٦٠ فى اتجاه عقرب الساعة، وتستعمل الورتية لتعيين أجزاء من أصغر قسم على القرص. والقرص الأفقى يدور حول محور رأسى. يتصل به لإصلاً معدنياً وهو عبارة عن مخروط معدنى مجوف (٢).

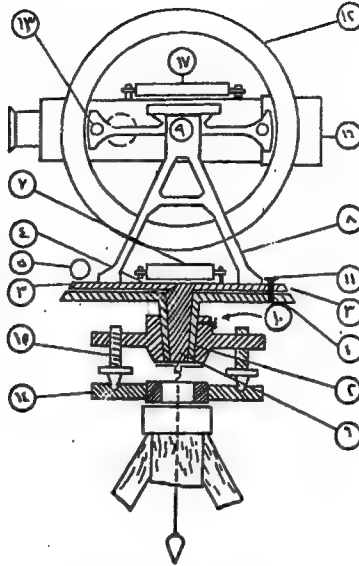
وعلى الدائرة الأفقية يوجد قرص الورتيات (٤) وهو عبارة عن قرص يرتكز فوق الحافة الأفقية ومساو له فى القطر، ومثبت به ورتيتان (٣)، (٣) تستعملان لتعيين أجزاء من أصغر قسم فى المقياس (عادة ٢٠ أو ٣٠ ثانية)، والخط الواصل بين صفرى الورتيتين يمر بالمحور الرأسى لدوران القرصين. وتغطى الدائرة الأفقية وقرص الورتيات بغطاء معدنى لحمايتها من المؤثرات الجوية كالرطوبة والأتربة، أما فى منطقة الورتيات فتغطى بالزجاج أو السلوليد ليتمكن من خلالهما قراءة الورتية على الحافة الأفقية للمقياس تماماً. ويثبت عادة أمام كل ورتية منظار مكبر أو عدسة مكبرة (٥) لتكبير القراءات. وقرص الورتيات متصل بمخروط معدنى (٦) داخل مخروط القرص الأفقى السابق.

وفوق قرص الورتيات يوجد ميزان تسوية طولى (٧) لضبط أفقية القرصين والجهاز بصورة عامة.

ومركب على قرص الورتيات قائلان (٨) عبارة عن حاملين متساويين فى الارتفاع ويركب فى أعلاهما المحور الأفقى (٩) لدوران المنظار.

٢ - مسامير الحركة :

مسامير القرص الأفقى للحركة السريعة (١٠) لربط المحور الرأسى للحافة



شكل رقم (١٣٩) قطاع توضيحي في التيودوليت

- | | |
|---|---|
| ١ - مسامير ربط القرص الأفقي السريع. | ١ - القرص الأفقي . |
| ١١ - مسامير ربط الحافة الأفقية بقرص الوريثات. | ٢ - مخروط القرص الأفقي . |
| ١٢ - الدائرة الرأسية. | ٣ ، ٣ - وريثات. |
| ١٣ ، ١٣ - وريثات. | ٤ - قرص الوريثات. |
| ١٤ - اللوحة السفلى للجهاز. | ٥ - مكبر لقراءة الوريثات. |
| ١٥ - مسامير تسوية ضبط أفقية الجهاز. | ٦ - مخروط قرص الوريثات. |
| ١٦ - المنظار. | ٧ - ميزان تسوية طولي لضبط أفقية الجهاز. |
| ١٧ - ميزان تسوية طولي لضبط الدائرة الرأسية. | ٨ - قاعمان لحمل قرص الدائرة الرأسية والمنظار. |
| | ٩ - المحور الأفقي للمنظار. |

الأفقية ومنع دورانه وكذلك السماح بحركة سريعة للحافة الأفقية وموجود بجواره مسمار الحركة البطيئة (غير ظاهر في الشكل) للدوران الحافة الأفقية حركة بطيئة ويجب عند استعمال الحركة البطيئة ربط مسمار الحركة السريعة أولاً.

مسمار لربط الحافة الأفقية بقرص الوزنيات (١١) وجواره مسمار حركة بطيئة (غير ظاهر في الشكل).

٣ - المنظار والدائرة الرأسية :

المنظار (١٦) يتصل معدنياً بمحور دورانه الأفقى (٩) ومتعامداً عليه. وهذا المحور يتصل اتصالاً معدنياً بالدائرة الرأسية (١٢) مقسمة إلى قوسين أو أربعة أقواس كل منها مدرج من صفر إلى ١٨٠° أو إلى ٩٠° وبحيث يتقابل الصفران على خط موازى للمحور البصرى للمنظار، هذا لكى يتسنى قراءة زوايا الارتفاع والإنخفاض مباشرة. والمنظار والدائرة الرأسية يدوران أمام فراع ثابت يحمل وريتين (١٣)، (١٣) لقراءة الزوايا الرأسية ومثبت فوق المراع ميزان تسوية (١٧) ويتصل به من أسفل مسمار ضبط الورتيتين الخاصة بالدائرة الرأسية.

ويوجد للمنظار مسمار للحركة السريعة وآخر للحركة البطيئة (غير ظاهرين في الشكل).

٤ - حامل التيردوليت:

والجهاز مثبت على قاعدة مثلثية عبارة عن لوحين معدنيين بينهما ثلاثة مسامير تسوية محواة (١٥) لضبط أفقية الجهاز وتتصل اللوحة السفلى من القاعدة (١٤) برأس الحامل الثلاثى، وهو يشبه تقريباً حامل اللوحة المستوية إلا أنه يمتاز عليه بوجود مسمار يسمح بحركة إنزلاق أفقية برأس الحامل لجعل الجهاز يتسامت تماماً فوق النقطة التى تمثل رأس الزاوية المطلوب قياسها.

ضبط التودوليت :

يعتبر ضبط الأجهزة من الأمور ذات الأهمية للمساح وهناك ضبط دائم للجهاز يقوم به الفنيون كل فترة وذلك بسبب الخلط المحتمل حدوثه من استخدام الجهاز أو إساءة استخدامه أو تغيرات الأحوال الجوية أو الإهتزاز أثناء النقل. وهذا النوع من الضبط الدائم ليس من اختصاص الجغرافى.

أما الضبط المؤقت فهى شروط تجرى كلما أعد الجهاز للرصد والقياس سواء كان ذلك لرصد زوايا أفقية أو رأسية وتنتهى هذه الشروط برفع الجهاز من مكانه. وفيما يلى خطوات ضبط التودوليت.

* التسامت Centering :

معنى التسامت هو وضع الجهاز بحيث يكون مركزه أو إمتداد محوره الرأسى الذى يعينه سن الشاغول المتدلى منه فوق مركز الوند أو العلامة المحددة للنقطة المراد الرصد منها تماماً، وفى الوقت نفسه تكون الحافة الأفقية أفقية تقريباً بالنظر والاستقامة بميزان التسوية. ولإجراء ذلك تجرى ما يلى :

أ - نضع الجهاز فوق حامله قريباً من النقطة (مركز الوند) مع فرد شعبه بحيث يكون إرتفاع الجهاز مناسباً وثبت إحدى شعب الحامل ثم نحرك الشعتين الثانيةين إلى الداخل أو الخارج فى حركة قطرية بالنسبة للوند حتى يصبح الجهاز أفقياً بالتقريب.

ب - نحرك الجهاز كمجموعة واحدة بدون تغيير مواضع الشعب النسبية بالنسبة لبعضها البعض حتى يصبح سن الشاغول على بعد سنتيمتر أو إثنين من مركز الوند ويضغط على شعب الحامل جيداً داخل الأرض بالقدم لتثبيتته جيداً.

ج - يضبط التسامت جيداً بجعل سن الشاغول فوق مركز الوند تماماً وذلك بفك مسمار الطارة عند قاعدة الجهاز وتحريكه فوق القاعدة ثم نربط الجهاز جيداً بحامله يربط هذه الطارة أو المسمار. ويلاحظ أن يكون سن الشاغول على إرتفاع حوالى سنتيمتر واحد تقريباً من مركز العلامة.

• أفقية الجهاز :

يضببط بمسامير التسوية وميزان التسوية كما سبق أن أشرنا عند ضبط الميزان وضبط اللوحة المستوية.

• صحة التطبيق Focussing :

وقد سبق أن أشرنا إليه عند دراستنا منظار الأليداد ومنظار الميزان.

إستعمال التيودوليت فى قياس الزوايا

أولاً : قياس الزوايا الأفقية :

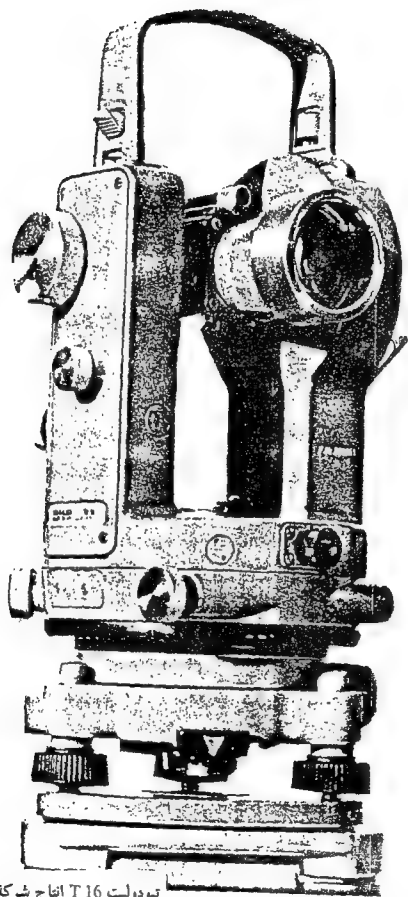
لقياس زاوية أفقية مثل ب أ ج - نجرى الخطوات التالية :

١ - نضع الجهاز فوق رأس الزاوية (أ) ونجرى عمليتى التسامت والأفقية ونضع الشواخص فوق مراكز العلامات التى سنرصده عليها فى (ب ، ج) ويكون سن الشاخص فوق النقطة تماماً، والشواخص رأسية تماماً.

٢ - نفك جميع مسامير ربط القرصين، وندير القرص العلوى على السفلى حتى ينطبق صفر الوردية (A) على صفر تدريج القرص الأفقى تقريباً، ونربط المسامير الذى يربط القرصين معاً. ثم نضبط الصفرين على بعض تماماً بحسار الحركة البطيئة العلوى.

٣ - نفك مسامير ربط القرص الأفقى فيدير القرصان معاً. نوجه المنظار نحو الهدف الأيسر (ب) ونرصده بالتقريب من فوق المنظار ثم نربط المسامير وننظر خلال المنظار ونجرى عملية التطبيق لتوضيح الصورة، ثم ننصف الشاخص عند أدنى نقطة فيه بالشعرة الرأسية بواسطة مسمار الحركة البطيئة للحافة الأفقية، ثم ندون قراءتى الورديتين، ويعرف التيودوليت فى هذه الحالة بأنه موجه توجيهاً أساسياً.

٤ - نفك مسامير ربط القرصين وندير المنظار نحو (ج) حتى نرصده تقريباً. نربط هذا المسامير وننصف الهدف بتحريك مسمار الحركة البطيئة للقرص العلوى ولا ننمس مطلقاً مسامير الحركة السفلى ثم نقرأ الورديتين.



تيرودوليت T 16 إنتاج شركة Wild

ضبط التسامت والأفقية انوماتيكيا ٢٥٥

ونظراً إلى أن الجهاز قد يكون غير مضبوط ضبطاً تاماً ووجود مصادر أخرى للأخطاء. فقد تكون قراءة الورتين غير واحدة وبينهما اختلاف بالزيادة والنقص، ولذلك يجب أن:

* تقاس الزوايا الأفقية مرة والجهاز متماسك أى أن الدائرة الرأسية تكون على يمين الراصد. ومرة أخرى والجهاز متماسك أى أن الدائرة على يسار الراصد وفى كل مرة تجرى الخطوات السابق ذكرها.

* تسجل قراءتي الورتين A , B . ونلاحظ أنه فى قراءة الورتية B يكتفى بتسجيل الدقائق والثواني فقط. وتسجل القراءات كما هو مبين فى الجدول التالى:

نقطة الجهاز	النقطة المقصودة	الجهاز يمين		الجهاز يسار		الفرق	الزوايا
		ورتية (A)	ورتية (B)	ورتية (A)	ورتية (B)		
١	ب	٠ ٠ ٠ ٠	٠ ٠ ٠ ٠	٠ ٠ ٠ ٠	٠ ٠ ٠ ٠	٠ ٠ ٠ ٠	٢٤ ٢٦ ٤٠
	جـ	٢٤ ٢٦ ٣٠	٢٦ ٥٠	٢١٤ ٢٧ ٠٠	٢٧ ٢٠	٢٤ ٢٦ ٥٥	

طرق قياس الزوايا الأفقية :

١ - طريقة التكرار Repetition :

تستعمل هذه الطريقة فى الحالات التى تتطلب دقة عالية فى قياس الزوايا الفردية. ومع استخدام دوليت ذو ورتين ويجرى العمل كما يلى :

١ - بعد ضبط الجهاز تقوم بقياس الزاوية كما سبق أن أشرنا.

٢ - والجهاز موجه إلى النقطة على اليمين، نفك القرص السفلى فقط، مع ترك العلوى مثبتاً به، وما زالت الورتية تقرأ الزاوية المقاسة، ثم نوجه على ب من جديد باستعمال مسامرى الحركة السريعة والبطيئة السفليين. ونفك

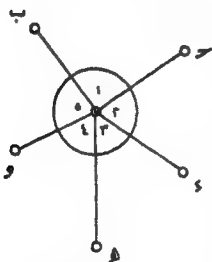
المسار العلوى للربط ونوجه إلى جـ ونقرأ الزاوية، ويجب أن تكون ضعف الأولى تقريباً.

- تعاد العملية بعدد مرات التكرار المطلوبة فتكون قيمة الزاوية المطلوب قياسها تساوى الزاوية الكلية مقسومة على عدد مرات التكرار.

ومن مزايا هذه الطريقة تلافي عدم الدقة فى تقسيم الحافة الأفقية وتلاشى إلى حد كبير تأثير عدم الضبط فى التوجيه والأخطاء الشخصية.

مقطع الرصد	الإتجاه	مرات التكرار	زاوية (A)	زاوية (B)	المتوسط	متوسط الزاوية
١	ب		٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠ ٠ ٠	٠ ٠ ٠
	جـ	١	٢٤ ٣٢ ٢٠	٣٢ ٤٠	١٨٠	٠ ٠ ٠
		٢	٤٩ ٠٥ ٠٠	٠٤ ٤٠		٠ ٠ ٠
		٣	٧٣ ٣٨ ٠٠	٣٧ ٤٠		٠ ٠ ٠
		٤	٩٨ ٠٩ ٠٠	٠٨ ٤٠		٠ ٠ ٠
		٥	١٢٢ ٤١ ٢٠	٣٠٢ ٤١ ٠٠	١٢٢ ٤١ ١٠	٢٤ ٣٢ ١١

٢- طريقة الزوايا الفردية:



شكل رقم (١٤٠)

أ- نرصد كلاً من الزوايا ١ إلى ٥ شكل رقم (١٤٠) كل زاوية على حدة ومستقلة عن الباقي ويستنتج القيمة النهائية لكل زاوية كما فى الجدول التالى.

ب- قد تقاس بعض الزوايا على قواس كما حدث فى الزاوية (١) وبذلك يكون المتوسط المسمى هو متوسط ما حصلنا عليه من قواس

جـ - تجمع المتوسطات النهائية لكل من الزوايا كما هو مبين في العمود الأخير من الجدول فيجب أن يكون مجموع الزوايا 360° ، وإلا فإننا نوزع الخطأ (في المثال ١٠ لوائى) بالتساوى على الزوايا.

٣ - طريقة الاتجاهات: Direction Method:

أسرع من الطريقتين السابقتين من الناحية العملية والحسابية، وتفضل إذا كان عدد الزوايا عند نقطة الرصد كبيراً، وإن كانت هذه الطريقة أقل دقة من السابقة لأن أى أخطاء فى إحدى الزوايا يؤثر على الزاوية التالية لها، وبذا تتراكم الأخطاء ويكون من الصعب تصحيحها إلا بطرق حسابية معقدة.

أ - وفى هذه الطريقة نعتبر أن جميع الأشعة مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة ونفرض لها إتجاهاً أساسياً نبتدئ منه الرصد وليكن ن ب شكل رقم (١٤٠). وتتبع الخطوات السابقة حتى نرصد جـ ثم نوجه المنظار إلى (د) بعد فك القرص العلوى وترك السفلى ثابتاً وننصف الهدف فى (د). وتدور قرأتى الورتنتين، ثم نفلك القرص العلوى ونكرر ما سبق بالنسبة إلى (هـ) ثم إلى (و) ثم نعود مرة أخرى إلى ب مع ترك المسار السفلى مربوطاً أثناء عمليات الرصد السابقة جميعاً. وبذلك نقلل الأخطاء ويتم هذا كله والمنظار فى وضع متوازن.

ب - نترك القرص السفلى مثبتاً ونحرك العلوى ونجعل المنظار فى وضع متوازن أى نلف المنظار 180° حول محوره الأفقى ثم حول محوره الرأسى ونرصد الاتجاه الأساسى نحو (ب).

جـ - نكرر ما سبق مع رصد النقط بالراجع أى فى إتجاه ضد عقرب الساعة، بادئين برصد الهدف (و) ثم (هـ) ثم (د) ثم (جـ) حتى نرجع إلى (ب) مرة أخرى، ويكون التدوين فى الجدول فى هذا الوجه من أسفل إلى أعلى فى الجدول وبذا يكون الوجه الأيمن مع عقرب الساعة والأيسر ضده، مع ملاحظة أننا لم نفلك المسار السفلى المربوط طوال فترة رصد الوجهين .

د - نكرر القياس على الأقواس كما سبق إن كان مطلوب القياس على أقواس لينة لدقة

هـ - تحسب متوسط كل زاوية بين كل إلتجاهين متتاليين لكل الأقواس، ويجب أن يكون مجموع المتوسط النهائي لكل الزوايا يساوى 360° وإذا كان هناك خطأ فيوزع على الزوايا كما هو مبين في الجدول التالى.

ويجب ملاحظة أن يتم الرصد فى هذه الطريقة فى أقصر وقت ممكن حتى نتخلص من المؤثرات الخارجية. وقياس جميع الإلتجاهات على دفعة واحدة بدون توقف أو ترك وقت فراغ بين الأرصاد وبعضها. وراعى أن يكون الإلتجاه الأول (الأساسى) هو الأكثر وضوحاً حيث يتم الرصد عليه مرتين وحتى يكون خطأ القفل أقل مايمكن وغير متأثر بعدم وضوح الهدف.

ولحساب متوسط الإلتجاهات ثم الزوايا بين هذه الإلتجاهات نجرى مايلي :

أ - بين العمود (١) متوسط القراءات الأربعة للورديات لكل إلتجاه.

ب - وفى العمود (٢) اعتبرنا الإلتجاه الأول كأساس للمقارنة وتم طرح مقدار الإلتجاه الأول فى العمود (١)، من جميع الإلتجاهات فى هذا العمود ونتجت القيم المذكورة فى العمود (٢).

جـ - يؤخذ متوسط الإلتجاهات فى العمود (٣) فى الأقواس المختلفة فكان الإلتجاه الأخير عند القفل $57.5^\circ / 59^\circ 35.9'$ ، وكان يجب أن يكون 360° وبذلك يكون خطأ القفل فى الأفق، $= 2.5$ ثانية.

فيكون تصحيح كل زاوية $2.5 \div 5 = 0.5$

ينقى على الإلتجاه الأساسى نحو (ب) صفراً وتصحيح الشاى الإلتجاه بمقدار 0.5 والثالث بمقدار 1 والرابع بمقدار 1.5 ، وهكذا كما هو مبين فى العمود (٤).

ي طرح كل إلتجاه من الذى يليه فحصل على الزوايا بين الإلتجاهات كما هو مبين فى العمود (٥).

طريقه الاختبار

النتائج	مختبر		مختبر		ملاحظات
	مجموع (B)	مجموع (A)	مجموع (B)	مجموع (A)	
١	١٧	١٧	١٧	١٧	١
٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٢
٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٣
٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٤
٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٥
٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٦
٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٧
٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٨
٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٩
١٠	١٧	١٧	١٧	١٧	١٠
١١	١٧	١٧	١٧	١٧	١١
١٢	١٧	١٧	١٧	١٧	١٢
١٣	١٧	١٧	١٧	١٧	١٣
١٤	١٧	١٧	١٧	١٧	١٤
١٥	١٧	١٧	١٧	١٧	١٥
١٦	١٧	١٧	١٧	١٧	١٦
١٧	١٧	١٧	١٧	١٧	١٧
١٨	١٧	١٧	١٧	١٧	١٨
١٩	١٧	١٧	١٧	١٧	١٩
٢٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٠
٢١	١٧	١٧	١٧	١٧	٢١
٢٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٢
٢٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٣
٢٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٤
٢٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٥
٢٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٦
٢٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٧
٢٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٨
٢٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٢٩
٣٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٠
٣١	١٧	١٧	١٧	١٧	٣١
٣٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٢
٣٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٣
٣٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٤
٣٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٥
٣٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٦
٣٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٧
٣٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٨
٣٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٣٩
٤٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٠
٤١	١٧	١٧	١٧	١٧	٤١
٤٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٢
٤٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٣
٤٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٤
٤٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٥
٤٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٦
٤٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٧
٤٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٨
٤٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٤٩
٥٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٠
٥١	١٧	١٧	١٧	١٧	٥١
٥٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٢
٥٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٣
٥٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٤
٥٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٥
٥٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٦
٥٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٧
٥٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٨
٥٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٥٩
٦٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٠
٦١	١٧	١٧	١٧	١٧	٦١
٦٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٢
٦٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٣
٦٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٤
٦٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٥
٦٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٦
٦٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٧
٦٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٨
٦٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٦٩
٧٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٠
٧١	١٧	١٧	١٧	١٧	٧١
٧٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٢
٧٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٣
٧٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٤
٧٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٥
٧٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٦
٧٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٧
٧٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٨
٧٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٧٩
٨٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٠
٨١	١٧	١٧	١٧	١٧	٨١
٨٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٢
٨٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٣
٨٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٤
٨٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٥
٨٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٦
٨٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٧
٨٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٨
٨٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٨٩
٩٠	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٠
٩١	١٧	١٧	١٧	١٧	٩١
٩٢	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٢
٩٣	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٣
٩٤	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٤
٩٥	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٥
٩٦	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٦
٩٧	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٧
٩٨	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٨
٩٩	١٧	١٧	١٧	١٧	٩٩
١٠٠	١٧	١٧	١٧	١٧	١٠٠

(ب)	(أ)			
الزوايا الصحيحة	الإنحافات الصحيحة			
° ٤٢ ' ٠٩ " ١٥,٥	° ٠٣ ' ٠٠ " ٠٠	° ٠٣ ' ٠٠ " ٠٠	° ٠٣ ' ٠٠ " ٠٠	ب
٥٦ ٤١ ٣٨	٤٢ ٠٩ ١٥,٥	٤٢ ٠٩ ١٥,٥	٤٢ ٠٩ ١٥,٥	ج
٨٥ ٠٦ ٢٨	٩٨ ٥٠ ٥٣,٥	٩٨ ٥٠ ٥٣,٥	٩٨ ٥٠ ٥٣,٥	د
٤٤ ٣٤ ٢٣	١٨٣ ٥٧ ٢١,٥	١٨٣ ٥٧ ٢١,٥	١٨٣ ٥٧ ٢١,٥	هـ
١٣١ ٢٨ ١٥,٥	٢٢٨ ٣١ ٤٤,٥	٢٢٨ ٣١ ٤٤,٥	٢٢٨ ٣١ ٤٤,٥	و
° ٣٦٠ ' ٠٠ " ٠٠	٣٦٠ ٠٠ ٠٠	٣٦٠ ٠٠ ٠٠	٣٦٠ ٠٠ ٠٠	ب

ثانياً- قياس الزوايا الرأسية :

نقاس زوايا الإرتفاع والإنخفاض عن المستوى الأفقى لدوران المنظار وتتميز زوايا الإرتفاع بالعلامة (+) وزوايا الإنخفاض بالعلامة (-) ونقاس الزوايا الرأسية على وجهين والجدول التالي يبين نموذجاً لقياس زوايا الإرتفاع أو إنخفاض مجموعة من الأهداف وحساب متوسط كل منها.

+ إرتفاع ، - إنخفاض

نقطة الرصد ن

الزاوية الرأسية	الجهاز حسان			الجهاز حسان			المنطقة المقصودة
	وزنه D		وزنه C	وزنه D		وزنه C	
° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	
٢٢ ٠١ ٥٠	٠٢ ٠٠	٢٢ ٠٢ ٢٠	٢٢ ٠٢ ٢٠	٠١ ٢٠	٢٢ ٠١ ٤٠	٢٢ ٠١ ٤٠	أ +
٣٧ ٤٦ ٥٥	٤٧ ١٠	٣٧ ٤٧ ٢٠	٣٧ ٤٧ ٢٠	٤٦ ٢٠	٣٧ ٤٦ ٥٠	٣٧ ٤٦ ٥٠	ب +
١٤ ١٥ ٣٥	١٥ ٥٠	١٤ ١٦ ٠٠	١٤ ١٦ ٠٠	١٥ ١٠	١٤ ١٥ ٢٠	١٤ ١٥ ٢٠	ج -
٠٨ ٢١ ٤٥	٢٢ ٠٠	٠٨ ٢٢ ٢٠	٠٨ ٢٢ ٢٠	٢١ ٠٠	٠٨ ٢١ ٤٠	٠٨ ٢١ ٤٠	د +

ترافيرس التيرودوليت

المضلع أو الترافيرس هو شكل متعدد الأضلاع مكون من خطوط مستقيمة، ومارة بحدود المنطقة المراد رفعها أو متخللة لها، وغالباً تكون هذه الأضلاع قريبة من حدود التفاصيل حتى يسهل رفعها. والمتاحة بالترافيرس إحدى طرق المساحة المستوية. وتعين نقط المضلع بقياس الخطوط والزوايا الأفقية بينها وقد يستعمل ترافيرس البوصلة أو البانتومتر فى بعض الأعمال التى لا تتطلب دقة كبيرة ثم نرسم المضلع ونعمل التحشية عليه.

والمساحة بترافيرس والتيرودوليت تعد أدق أنواع المساحة، وهى تستعمل فى الأعمال التى تحتاج إلى دقة كبيرة وفى مساحة المدن، وفى المناطق المزدحمة بالمباني. والأدوات اللازمة للمساحة بترافيرس التيرودوليت هى نفس الأدوات الخاصة بقياس الأطوال مع استعمال الشرط الصلب بالإضافة إلى جهاز التيرودوليت نفسه. ويجب العناية فى تسجيل الأرصاد فى الطبيعة، سواء أكانت طولية أم زاوية، كما يجب أن تقاس بعض الأطوال مثل خط القاعدة مرتين على الأقل فى اتجاهين متضادين بالشرط الصلب.

أولاً ، المضلع المغلق : Closed Traverse

هو ما كانت نقطة الإبتداء فيه هى نقطة الإنتهاء، ويفضل هذا النوع فى رفع المباني فى المدن والقرى وفى رفع المستقعات وغير ذلك من المناطق التى يمكن إحاطتها بمضلع، هذا النوع يسهل تحقيقه فى الحقل وفى المكتب.

كما توجد أنواع أخرى من المضلعات أو الترافيرسات وهى الترافيرس الموصل والترافيرس المفتوح وترافيرس المشروحات وترافيرس المدن وشبكات الترافيرسات سنشير عن هذه الأنواع فيما بعد.

الإجابة:

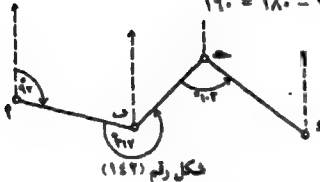
$$\text{إتحراف أ ب} = 60^\circ =$$

$$\text{إتحراف ب ج} = 60^\circ + 200^\circ - 180^\circ = 180^\circ$$

$$\text{إتحراف ج د} = 180^\circ + 100^\circ - 180^\circ = 60^\circ$$

$$\text{إتحراف د هـ} = 60^\circ + 280^\circ - 180^\circ = 160^\circ$$

مثال:



مثال لإتحراف ب جـ، جـ د
علماً بأن إتحراف أ ب 97° ، والزوايا
مقاسة ضد إتجاه عقرب الساعة كما
في الشكل رقم (١٤٢)

$$\text{إتحراف ب جـ} = 97^\circ + 217^\circ - 180^\circ = 60^\circ$$

$$\text{إتحراف جـ د} = 60^\circ + 102^\circ - 180^\circ = 138^\circ$$

(٢) حساب زوايا الترافيس:

من المتبع دائماً قبل رصد زوايا المضلعات وقياس أطوال أضلاعها، أن نرسم كروكي عام للمضلع بقياس رسم مناسب في دفتر النقط، ونحدد على الكروكي القيمة المتوسطة للزوايا والأطوال المراد قياسها.

وهذا الكروكي يكون بمثابة مرجع لعمل النقيط وتحقيقه، ويكتفى في الترافيسات العادية بقياس الزوايا على قوس واحد فقط متباين ومتباين مع قراءة الورنتين.

والزوايا المرصودة أما أن تكون الزوايا الداخلية كما في شكل (٣) في الترافيس أ ب جـ د هـ أو الزوايا الخارجية كما في شكل (٤) في الترافيس أ ب جـ د هـ أ وذلك حسب تسمية الترافيس.

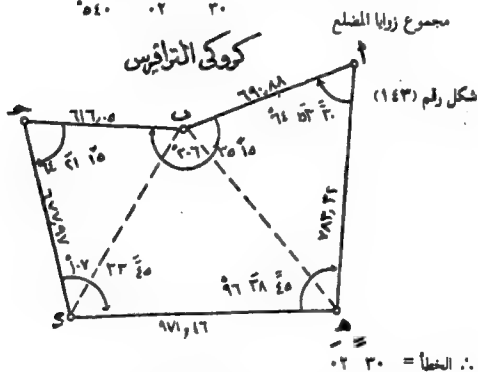
تصحيح خطأ القفل في الزوايا:

في أي مضلع مقفل يجب أن يكون :

مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية = $(2 \pm n) \times 90^\circ$ حيث n عدد زوايا المضلع أو عدد نقاط المضلع، - إذا كانت الزوايا المقاسة داخلية، + إذا كانت الزوايا خارجية، $90^\circ =$ وفي الشكل رقم (١٤٣) يجب أن يكون مجموع الزوايا الداخلية

$$540^\circ = 90^\circ \times (4 - 0 \times 2) =$$

مجموع الزوايا المرصودة	أ	:	٣٠	٥٣	٦٤
ب	:	١٥	٣٥	٢٠٦	
ج	:	١٥	٢١	٦٤	
د	:	٤٥	٣٣	١٠٧	
هـ	:	٤٥	٣٨	٩٦	
			٣٠	٠٢	٥٤٠



فإذا كان عدد زوايا المضلع n ، فإن خطأ القفل المحتمل وقوعه يتناسب مع الجذر التربيعي لعدد الزوايا n . ويتم حسابه تبعاً للمعادلة الآتية:

$$\sqrt{n} = \frac{70}{\sqrt{n}}$$

والواقع أن الخطأ المسموح به يتراوح بين $30''$ و $70''$ ، وفي بعض الأحوال يؤخذ تبعاً للمعادلة التالية :

الخطأ المسموح به = أقل قسم على الزوية فى السهوليت $30''$

أما إذا كان الخطأ يزيد عن المقدار المسموح به فيجب إعادة العمل . ولتسهيل العمل والتخلص من إعادته جميعاً تقسم المضلع إلى أجزاء أو مثلثات مناسبة باستعمال الأقطار مثل ب هـ د شكل رقم (١٤٣) وبحقق كل على حدة ، بل ويجب أن يجرى هذا التحقيق أثناء عمل القبط واكتشاف أى أخطاء لتلافى إعادة العمل كلياً أو جزئياً.

أما قياس المسافات بين رؤوس الترافيرس فيجب أن تقاس بدقة بإحدى طرق القياس السابق ذكرها.

ولتصبح الزوايا فى هذا المثال يكون خطأ القفل المسموح به =

$$70'' - 106.0 = 36.0''$$

وبذلك فالخطأ مسموح به ، ويوزع على الزوايا بالتساوى.

والقاعدة العامة كما ذكرنا ، هى توزيع الخطأ بالتساوى على الزوايا ولكن فى بعض الأحوال تكون حالات الرصد غير متكافئة ، مثل اختلاف الظروف الجوية أثناء الرصد أو وجود عوائق تمنع رؤية الشاخص كاملاً واختلاف أطوال الأضلاع وفى هذه الحالة يتم توزيع الخطأ بنسب معينة يطلق عليها معاملات الشك .

وفى مثالنا نوزع الخطأ $36''$ على زوايا المضلع بالتساوى فيكون نصيب

كل زاوية = $36''$ ويخرج من كل زاوية $40''$ فتصبح الزوايا كالآتى :

بعد التصحيح			قبل التصحيح			
٠٠	٥٣	٦٤	٠٠	٥٣	٦٤	أ
٤٥	٣٤	٢٠٦	٤٥	٣٥	٢٠٦	ب
٤٥	٢٠	٦٤	٤٥	٢١	٦٤	جـ
١٥	٢٣	١٠٧	١٥	٢٣	١٠٧	د
١٥	٣٨	٩٦	١٥	٣٨	٩٨	هـ
٠٠	٠٠	٥٤٠	٠٢	٠٠	٥٤٠	المجموع

٣ - حساب مركبات الأضلاع:

ولحساب مركبات الأضلاع نأخذ أولاً بالانحرافات الدائرية والمختصرة لأضلاع الترافيرس ولحساب الانحرافات الدائرية نبحث عن أحد الأضلاع المعلوم انحرافه الدائري وفي هذا المثال شكل رقم (١٤٣) الضلع المعلوم انحرافه الدائري هو د هـ = ٩٨ ١٧ ٤٥

نبتدئ من هذا الضلع المعلوم انحرافه ونحسب انحرافات الأضلاع انحرافاً بعد آخر حتى نرجع للخط الأول كتحقيق للعمل، أى أن الانحراف المحسوب أخيراً يجب أن يساوى الانحراف المعلوم الذى ابتدأنا به.

$$\begin{aligned}
 & \text{انحراف د هـ} = ٩٨ \ ١٧ \ ٤٥ \\
 & \text{انحراف هـ أ} = ٩٨ \ ١٧ \ ٤٥ + ١٨٠ + ٩٦ \ ٣٨ \ ١٥ = ١٤ \ ٥٦ \ ٠٠ \\
 & \text{انحراف أ ب} = ١٤ \ ٥٦ \ ٠٠ + ١٨٠ + ٦٤ \ ٥٣ \ ٠٠ = ٢٥٩ \ ٤٩ \ ٠٠ \\
 & \text{انحراف ب جـ} = ٢٥٩ \ ٤٩ \ ٠٠ + ١٨٠ + ٢٠٦ \ ٣٤ \ ٤٥ = ٢٨٦ \ ٢٣ \ ٤٥ \\
 & \text{انحراف جـ د} = ٢٨٦ \ ٢٣ \ ٤٥ + ١٨٠ + ٦٤ \ ٢٠ \ ٤٥ = ١٧٠ \ ٤٤ \ ٣٠ \\
 & \text{انحراف د هـ} = ١٧٠ \ ٤٤ \ ٣٠ + ١٨٠ + ١٠٧ \ ٢٣ \ ١٥ = ٩٨ \ ١٧ \ ٤٥
 \end{aligned}$$

ومن هذا نجد أن إنحراف د هـ المحسوب = الإنحراف المعلوم، وبذا يكون العمل الحسابي صحيحاً.

ولحساب الانحرافات المختصرة لهذه الأضلاع^(١).

إنحراف د هـ المختصر = جـ ١٥ ٤٢ ٨١ ق

هـ أ = ش ١٥ ٥٦ ١٤ ق

أ ب = جـ ١٥ ٤٩ ٧٩ هـ

ب جـ = ش ١٥ ٣٦ ٧٣ هـ

جـ د = جـ ١٥ ٣٠ ٩ ق

ولتدون الانحرافات الدائرية والمختصرة في جدول الحسابات.

حساب مركبات الأضلاع :

المركبات هي مساقط الأضلاع على إتجاه الشمال عمودياً عليه. وتختب أطوال المركبات من المعادلات التالية :

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا الإنحراف المختصر

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا الإنحراف المختصر

ونعتبر المركبة الرأسية موجبة إذا كان الإنحراف المختصر شمالاً وسالبة إذا كان الإنحراف المختصر جنوباً، كذلك تعتبر المركبة الأفقية بالموجب إذا كان الإنحراف المختصر شرقاً وسالبة إذا كان الإنحراف المختصر غرباً.

ولحساب المركبات الرأسية والأفقية : نأخذ أولاً بجهوب وجيوب تمام الانحرافات المختصرة للأضلاع من جداول النسب المثلثية ويكفى استعمال أربعة أرقام عشرية. والجدول التالي يوضح حساب المركبات الرأسية والأفقية.

(١) راجع ص من ١٧١ - ١٧٢.

الضلع	الإحداثيات المختصرة	الجيب	جيب الضلع	الطول بالقر	المركبة الرأسية غير مصححة	المركبة الأفقية غير مصححة
د هـ	جـ ١٥ ٤٢ ٨١ ق	٠,٩٨٩٥	٠,١٤٤٤	٩٧١,١٦	- ١٤٠,١٤	+ ٩٦١,٠٨
هـ أ	ش ٠٠ ٥٦ ١٤ ق	٠,٢٥٧٧	٠,٩٦٦٥	٧٨٣,٣٢	+ ٧٥٦,٨٧	- ٢٠١,٨٦
أ ب	جـ ٠٠ ٤٩ ٧٩ ق	٠,٩٨٤٢	٠,١٧٧٤	٦٩٠,٨٨	- ١٢٢,١٥	+ ٦٨٠,٠٠
ب جـ	ش ١٥ ٣٦ ٧٣ ع	٠,٩٥٩٣	٠,٢٨٢٢	٦٠٦,٠٥	+ ١٧٣,٩٠	- ٥٩١,٠٠
جـ د	جـ ٣٠ ١٥ ٠٩ ع	٠,١٦١٠	٠,٩٨٧٠	٦٧٧,٩٧	- ٦٦٩,١٣	+ ١٠٩,٠٨
	المجموع			٢٧٢٩,٣٨	+ ٩٣٠,٧٧	+ ١٢٧٢,٠٢
					- ٩٣١,٤٢	- ١٢٧١,٠٠
				المجموع الجبرى	- ٠,٦٥	+ ١,٠٢

٤ - خطأ القفل فى المركبات وتصحيحه :

فى المضلعات المقفلة يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفرا ويندر أن يتحقق ذلك لإحتمال الأخطاء فى قياس الأطوال والزوايا وهنا فبأنه عند رسم المضلع يحدث خطأ قفل ولا تنطبق نقطة الإنهاء على نقطة الإبتداء والمسافة بين النقطتين تسمى خطأ القفل.

فإذا فرض أن المجموع الجبرى للمركبات الأفقية = س

والمجموع الجبرى للمركبات الرأسية = ص

فتكون س ، ص هما المركبة الأفقية والمركبة الرأسية لخطأ القفل على

التوالى. ويكون قيمة خطأ القفل يساوى

$$\text{طول خطأ القفل} = \sqrt{س^2 - ص^2}$$

ونسبة خطأ القفل = طول خطأ القفل / طول المحيط الكلى للمضلع

توزيع خطأ القفل فى المركبات (التصحیح):

يتم حساب خطأ القفل على أساس نسبة طول خطأ القفل إلى مجموع أطوال المضلع وليست هناك قاعدة معينة لنسبة خطأ القفل المسموح بها فى أرصاد التيمودوليت ولكن اتخذت القواعد التالية كحدود لنسبة خطأ القفل المسموح بها على أساس أن طول خطأ القفل متراً واحداً ومجموع محيط الترافيرس الأرقام التالية:

فى الأراضى الوعرة من ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر

فى الأراضى الزراعية من ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ متر

فى المدن من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر

فإذا لم يتجاوز خطأ القفل قيمته المسموح بها حسب كل حالة فيوزع الخطأ تبعاً لإحدى الطرق الآتية :

أ - طريقة بودتش Bowditch :

هذه الطريقة لها أساس نظرى رياضى، وإن كانت تعتمد على فروض لا تتحقق جميعها، فقد فرض أن الأخطاء فى المقاسات الطولية والخطأ فى قياس الزوايا تتناسب مع الجذر التربيعى لطول الخطأ. وعلى هذا استنتج أن تصحيح الخطأ فى مركبات كل خط على حدة يكون كما يلى :

تصحيح المركبة الأفقية للخط = المركبة الأفقية للخطأ $\times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$

تصحيح المركبة الرأسية للخط = المركبة الرأسية للخطأ $\times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$

وفى هذا المثال : الخطأ فى مجموع المركبات الأفقية = + ١.٠٢ ، الخطأ فى مجموع المركبات الرأسية = - ٠.٦٥

$$\therefore \text{طول خطأ القفل} = \sqrt{m^2 + n^2}$$

$$= \sqrt{(1.02)^2 + (-0.65)^2} = 1.21 \text{ متر}$$

$$\text{نسبة خطأ القفل} = 1.21 : 3729$$

$$1 : 3090 \text{ (مسموح به)}$$

وتفضل هذه الطريقة في تصحيح مركبات أضلاع توافيرس البوصلة، إذ أن التصحيح في هذه الحالة يغير في الزوايا أكثر مما يغير في الأطوال التي لا تتأثر إلا طفيفاً، وفي البوصلة يكون احتمال الخطأ في قياس الزوايا أى الانحرافات أكبر بكثير من احتمال الخطأ في قياس الأطوال. كما تستعمل هذه الطريقة أيضاً في توافيرسات التيردوليت.

ب - طريقة الأحداثيات :

تفضل في توافيرس التيردوليت إذ أن التصحيح يصيب تقريباً على الأطوال فقط وهذا يلائم توافيرس التيردوليت حيث تقاس الزوايا بدقة أكبر كثيراً من دقة قياس الأطوال، ولذا يجب ألا يؤثر تصحيح على الزوايا إلا بأقل قدر ممكن. والتصحيح بهذه الطريقة كما يلي :

$$\text{تصحیح المركبة الأفقية للخط} =$$

$$= \frac{\text{طول المركبة الأفقية للخط}}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية}} \cdot \text{المركبة الأفقية للخط}$$

$$\text{تصحیح المركبة الرأسية للخط}$$

$$= \frac{\text{طول المركبة الرأسية للخط}}{\text{المجموع العددي للمركبات الرأسية}} \times \text{المركبة الأفقية للخط}$$

وفي هذه الطريقة نجد أن انحراف المضلع له تأثير كبير في توزيع التصحيحات فمثلاً لو وجد في المضلع خط رأسى فإن هذا الخط لا يأخذ أى عس من مركبة

الأفقية لخطأ القفل ، بينما نفس هذا الخط يأخذ مقداراً متناسباً مع طوله من هذه المركبة إذا استعملنا طريقة بودتش.

وبعد إجراء التصحيح يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفراً.

ولتصحیح المركبات الرأسية والأفقية بطريقة بودتش تم حسابها كما فى الجدول التالى :

الخط	التصحیح لى المركبة الرأسية	التصحیح لى المركبة الأفقية	المركبة الرأسية مصححة	المركبة الأفقية مصححة
أ ب	$0.12 = \frac{0.65}{3729} \times 691$	$0.19 = \frac{1.02}{3729} \times 691$	$122.03 -$	$680.19 -$
ب ج	$0.11 = 0 \times 616$	0×616	$178.01 +$	$591.17 -$
ج د	$0.12 = 0 \times 678$	0×678	$639.01 -$	$10890 +$
د هـ	$0.17 = 0 \times 971$	0×971	$139.97 -$	$960.81 +$
هـ أ	$0.13 = 0 \times 783$	0×783	$757.00 +$	$201.65 +$
المجموع	$0.65 =$	1.02	صفر	صفر

إحداثيات نقط المضلع :

توجد إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما باتجاه شمال/ جنوب وهو محور الصادات ، والثانى إتجاه شرق/ غرب وهو محور السينات ، والإشارات الموجبة للشمال والشرق والسالبة للجنوب والغرب.

وإذا كان الشكل سيرسم مستقلاً غير مرتبط بمضلعات سابقة فيمحسن أن نفرض نقطة الأصل إحدى نقط المضلع الواقعة إلى أقصى الجنوب الغربى حتى نكون جميع الإحداثيات الأفقية للنقط موجبة ويمكن الإستعانة بذلك من واقع

الكروكي، وعلى العموم يمكن فرض إحداثيات أي نقطة من نقاط المصلع ونحسب منه إحداثيات باقي النقاط

أما إذا كانت إحداثيات إحدى النقط معلومة فنحسب إحداثيات النقط الأخرى على هذا الأساس حتى تكون مرتبطة بما سبق من مضلعات أو نقطة ثابتة. وفي المثال نفرض أن نقطة أ إحداثياتها $857,00$ شمالاً، $1371,36$ شرقاً.

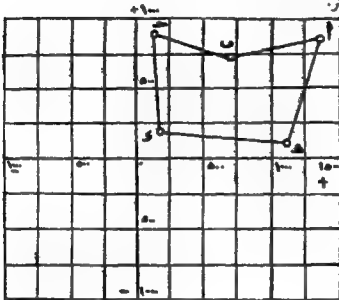
لإيجاد إحداثيات نقطة ب التالية لها نضيف مركبات الخط أ ب جبرياً عنى إحداثيات أ، ثم نضيف مركبات ب ج على إحداثيات ب للحصول على إحداثيات ج، وهكذا إلى النهاية. ويجب العودة مرة أخرى إلى إحداثيات (أ) كتحقيق للعمل إذ يجب أن تكون إحداثيات (أ) المعلومة هي نفسها المحسوبة. وهذا ما يوضحه الجدول التالي :

الخط	أ	وإلى
إحداثيات أ مركبات أ ب	$857,00 +$ $122,53 -$	$1371,36 +$ $680,19 -$
إحداثيات ب مركبات ب ج	$734,97$ $174,01$	$691,17$ $591,17 -$
إحداثيات ج مركبات ج د	$908,98$ $669,01 -$	$100,00$ 10890
إحداثيات د مركبات د هـ	$229,97$ $139,97$	20890 $960,81$
إحداثيات هـ مركبات هـ أ	$100,00$ $757,00$	$1169,71$ $201,65$
إحداثيات أ للتحقق	$857,00$	$1371,36$

توقيع المضلع على الخريطة :

أ - طريقة الإحداثيات الكلية للنقط :

توقع النقط بمعلومية إحداثياتها المحسوبة مثل أى رسم بياني عادى كما فى شكل (١٤٤). وفى الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط على الخريطة ويعرف هذا الجهاز بجهاز توقيع الإحداثيات (Co-ordinatograph) وهو يوقع النقط بدقة ٠,٠٥ من المليمتر.

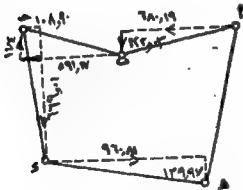


شكل رقم (١٤٤)

طريقة الاحداثيات الكلية للنقط

ب - طريقة مركبات الأضلاع :

نبتدئ من أى نقطة مثل أ ، ونرسم مركبات الخط أ ب فى إتجاهاتها المصححة أى إلى الغرب (اليسار) بالقيمة ٦٨٠,١٩ متر وإلى الجنوب (أسفل) بمقدار ١٢٢,٠٣ متر شكل (١٤٥) فتعين ب . ثم نرسم مركبات ب ج ، وهكذا ضلعاً بعد آخر حتى نصل إلى نقطة أ مرة أخرى ولا يوجد خطأ فقل لأننا سبق أن صححناه.



شكل رقم (١٤٥) طريقة مركبات الأضلاع :

١ - تصحيح خطأ القفل :

ونسميه أيضاً خطأ الربط، فالمفروض أننا إذا ابتدأنا وحسبنا انحراف أول خط في المضلع الموصل من أ بمعلومية الضلع الثابت من من ثم انحراف أ ب، ب ج د، ج ع، ثم نربط على ع ل المعلوم انحرافه وذلك بمعلومية الزوايا، فإن من الواجب أن يكون انحراف ع ل المحسوب يساوى انحرافه المعلوم.

$$\text{انحراف من أ} = ٤٥^\circ ٢٢' ١٥'' + ١٨٠^\circ + ٢٨^\circ ٢٨' ٢٧'' = ٤٥^\circ ٥٠' ٢٤٨''$$

$$\text{انحراف أ ب} = ٤٥^\circ ٥٠' ٢٤٨'' - ١٨٠^\circ + ٤٥^\circ ٥٢' ١٦'' = ٣٠' ٥٣' ١٤٨''$$

$$\text{انحراف ب ج} = ٣٠' ٥٣' ١٤٨'' - ١٨٠^\circ + ١٥' ٤٦' ٩٣'' = ٤٥^\circ ٣٩' ٩٨''$$

$$\text{انحراف ج د} = ٤٥^\circ ٣٩' ٩٨'' + ١٨٠^\circ + ١٠' ١٧٦'' = ٤٥^\circ ٤٩' ٩٤''$$

$$\text{انحراف د ل} = ٤٥^\circ ٤٩' ٩٤'' + ١٨٠^\circ + ٠٨' ٢٣٧'' = ٣٠' ٥٨' ١٥١''$$

$$= ٠٠' ٥٧' ١٥١''$$

ولكن انحراف ع ل المعلوم

الفرق (الخطأ) = ٣٠' ٠١''

المسوح به = ١٥٤'' لأن عدد الزوايا ٥

أى أن كل زاوية تصحح بمقدار $٩٠ \div ٥ = ١٨''$ والأفضل هنا أن تصحح الانحرافات. ولذلك فعلينا أن نطرح من الانحرافات المحسوبة، ولدينا هنا خمسة انحرافات نريد تصحيحها، فنصحح الانحراف الأول بمقدار - ١٨'' والثاني بمقدار - ٣٦'' والثالث - ٥٤'' وهكذا حتى الأخير ع ل فيصحح بمقدار - ٩٠'' وهنا

نصحح خطأ القفل وذلك على النحو التالى :

قبل التصحيح	مقدار التصحيح	بعد التصحيح
من أ $٤٥^\circ ٢٢' ١٥''$	$- ١٨''$	$= ٢٧' ٠٠' ٢٤٨''$
أ ب $٣٠' ٥٣' ١٤٨''$	$- ٣٦''$	$= ٥٤' ١٧' ١٨٤''$
ب ج $٤٥' ٣٩' ٩٨''$	$- ٥٤''$	$= ٥١' ٣٨' ٩٨''$
ج د $٤٥' ٤٩' ٩٤''$	$- ١٢''$	$= ٣٣' ٤٨' ٩٤''$
د ل $٣٠' ٥٨' ١٥١''$	$- ٩٠''$	$= ٥٧' ٥٧' ١٥١''$

٢- حساب المركبات الأفقية والرأسية :

تحتسب المركبات الأفقية والرأسية كما في المصنع المقلد تماماً.

المركبة الأفقية = طول المصلع × جتا الانحراف المختصر

المركبة الرأسية = طول المصلع × جتا الانحراف المختصر

ويتكون لدينا الجدول التالي :

الخط	الطول (متر)	الانحراف المختصر	مركبة أفقية غير مصححة	مركبة رأسية غير مصححة
ص أ	٣٤٦,٢١	جـ ٢٧ ٠٠ ٦٨ عـ	- ٣٢١,٠٢	- ١٢٩,٦٥
أ ب	٤٤٨,٦٢	جـ ٥٤ ٥٢ ٠٤ عـ	- ٢٨,١٨	- ٤٤٦,٩٩
ب جـ	٥٠٢,٧٤	جـ ٢١ ٢١ ٨١ قـ	+ ٤٩٧,٠٣	- ٧٥,٥٩
جـ د	٢٧٠,٩٦	جـ ٢٧ ١١ ٨٥ قـ	+ ٢٦٩,٩١	- ٢٢,٧١
	١٥٦٨,٤٣			

٣ - حساب إحداثيات النقاط وتصحيحها :

إن الترافيرس الموصل يتدعى من نقطة معلوم إحداثياتها وينتهي بنقطة معلوم إحداثياتها، فإذا بدأنا حساب الإحداثيات من النقطة الأولى فإننا نحصل على إحداثيات النقطة النهائية بالحساب، فإذا اختلف الناتج الحسابي عن المسدود، وهذا ناتج عن تراكم الأخطاء في الرصد وأخطاء الأجهزة نفسها، فهناك خطأ قفل.

نحسب إحداثيات النقطة أ، ب، جـ، ع بمعلومية إحداثيات النقطة المعلومة (ص) ونحسب الفرق بين إحداثيات (ع) المعلومة والمحسوبة فتكون هي مركبات خطأ القفل، ثم نرى إذا كان مسموحاً به أم لا. وقبما يلي حساب إحداثيات النقاط:

الإحداثيات الرأسية	الإحداثيات الأفقية	
١٢٠٠,٠٠	١٠٠٠,٠٠	إحداثيات ص
١٢٩,٦٥ -	٣٢١,٠٢ -	مركبات ص أ
١٠٧٠,٣٥	٦٧٨,٩٨	إحداثيات أ
٤٤٦,٩٩ -	٣٨١٨ -	مركبات أ ب
٦٢٣,٣٦	٦٤٠,٨٠	إحداثيات ب
٧٥,٥٩ -	٤٩٧,٠٣	مركبات ب جـ
٥٤٧,٧٧	١١٣٧,٨٣	إحداثيات جـ
١٢,٧١ -	٢٦٩,٩١	مركبات جـ د
٥٢٥,٠٦	١٤٠٧,٧٤	إحداثيات د المحسوبة
٥٢٤,٨٥	١٤٠٧,٣٦	مركبات د المعلومة
٠,٢١ +	٠,٣٨ +	فيكون خطأ القفل

∴ طول خطأ القفل = $\sqrt{(٠,٢١)^2 + (٠,٣٨)^2} = ٠,٤٣$ متر

ولما كان طول محيط الترافيرس ١٥٦٨,٤٣ متراً تكون نسبة خطأ القفل

$$٠,٤٣ : ١٥٦٨,٤٣ = ١ : ٣٦٤٧,٥$$

ولما كان الخطأ الموجود في كل من الإحداثيات الأفقية والرأسية موجباً، فيجب أن تصحح إحداثيات النقط أ، ب، جـ، د بنسبة مسافة كل منها عن نقطة الإبتداء إلى طول المسافة الكلية ١٥٦٨,٤٣ ويكون التصحيح بالسالب.

$$\text{تصحیح إحداثيات أ الأفقية} = ٠,٣٨ \times \frac{٣٤٦}{١٥٦٨} = -٠,٠٨$$

$$\text{تصحیح إحداثيات أ الرأسية} = ٠,٢١ \times \text{,,} = -٠,٥٤$$

وبالتالى يكون من الواجب تصحيح الاحداثيات الأفقية والرأسية لتصبح كما

فى الجدول التالى :

الإحداثيات الرأسية			الإحداثيات الأفقية			القطعة
بعد التصحيح	التصحيح	قبل التصحيح	بعد التصحيح	التصحيح	قبل التصحيح	
١٠٧٠,٣١	- ٠,٠٤	١٠٧٠,٣٥	٦٧٨,٩٠	- ٠,٠٨	٦٧٨,٩٨	أ
٦٢٣,٢٦	- ٠,١٠	٦٢٣,٣٦	٦٤٠,٦١	- ٠,١٩	٦٤٠,٨٠	ب
٥٤٧,٦٠	- ٠,١٧	٥٤٧,٧٧	١١٣٧,٥٢	- ٠,٣١	١١٣٧,٨٣	جـ
٥٢٤,٨٥	- ٠,٢١	٥٢٥,٠٦	١٤٠٧,٣٦	- ٠,٣٨	١٤٠٧,٧٤	د

٤ - توقيع المضلع :

يتم رسم المضلع كما سبق أن أشرنا عند رسم المضلع المقفل إما بطريقة الاحداثيات الكلية للنقط أو بمركبات الأضلاع.

أمثلة على توافيرس التودوليت

١ - تصحيح الزوايا الأفقية المقاسة بالتودوليت

المثال الأول :

عند قياس زوايا بجهاز التودوليت، أخذت الأرصاد الآتية من نقطة س :

الوضع معيار للجهاز		الوضع معيار للجهاز		النقطة	الارتفاع
زوية (٢)	زوية (١)	زوية (٢)	زوية (١)		
٢٧ ٤٠	٦٨٢ ٢٨ ٠٠	٢٨ ٤٠	٠٠٢ ٢٨ ٢٠	أ	
٤٢ ٤٠	٢٦٧ ٤٢ ٢٠	٤٢ ٢٠	٨٧ ٤٢ ٠٠	ب	
٠٢ ٢٠	٣٣٣ ٠٢ ٠٠	٠٢ ٢٠	١٥٣ ٠٢ ٤٠	جـ	س
٣٧ ٠٠	٣٤ ٣٦ ٤٠	٣٦ ٤٠	٢١٤ ٣٧ ٢٠	د	
١٧ ٠٠	١٠٥ ١٧ ٢٠	١٧ ٤٠	٢٨٥ ١٨ ٠٠	هـ	
٢٨ ٤٠	١٨٢ ٢٩ ٠٠	٢٨ ٤٠	٠٢ ٢٨ ٢٠	أ	

والمطلوب حساب وتصحيح الزوايا المقاسة بين هذه النقط .

طريقة الإجابة

يلاحظ من الجدول أن عندما بدأ الرصد بالتيودوليت بدأ بالإجتهاد س أ وكان الوضع مستقيماً، فكانت قراءة الورتية (١) ٢٠ ٢٨ ٢° أما الورتية (٢) فكانت ٤٠ ٢٨ ١٨٢° ، وقد اكتفى في الجدول بذكر الدقائق والثواني فقط نظراً لإحتمال حدوث فرق في قراءتهما، أما الدرجات فلم تكتب لأنها تكون معروفة إذ أن الفرق بين الورتين ١٨٠° .

وتوالى بعمليات رصد النقط التالية ب، ج، د، هـ المحطة بنقطة الإنكاز س الموجود عندها. جهاز التيودوليت، ثم إنتهى برصد النقطة أ مرة ثانية، فلم تنطبق الورتيتان على نفس القراءة السابق ذكرها عند بدء الرصد. ولما تغير وضع المنظار وأصبح متباسباً لم إدارة القرص العلوى المثبت به الورتيتان نصف دائرة أى ١٨٠° حتى يعود المنظار متجهاً إلى النقطة أ ، فكانت قراءة الورتية (١) ٠٠ ٢٩ ١٨٢° والورتية (٢) ٤٠ ٢٨ ٠٢° ، ثم أعيد رصد النقط هـ، د، ج، ب (بالراجع) وتم تدوين نتائج الرصد في الجدول من أسفل إلى أعلى في عمارة الوضع متباسباً للجهاز حتى انتهى إلى النقطة أ .

ولتصحيح الإجهادات نأخذ أولاً متوسط كل إجهاد وذلك بجمع الأرصاء الأربعة المأخوذة للنقطة وقسمتها على عددها (٤) .

$$\begin{aligned} \text{متوسط إجهاد س أ (البدية) : متوسط مجموع الأرصاء} \\ = \frac{20 + 28 + 28 + 40}{4} = \frac{116}{4} = 29 \\ = \frac{40 + 28 + 28 + 20}{4} = \frac{116}{4} = 29 \end{aligned}$$

ويلاحظ عند أخذ المتوسط أننا جمعنا الدقائق والثواني فقط ولم نجمع الدرجات حيث أنه لا فرق فيها ومتوسطها ٢° (وذلك بعد طرح ١٨٠° من

قراءة الوزنية (٢) في الوضع المتساوي ، 180° من قراءة الوزنية (١) في الوضع المتساوي. فيكون متوسط إجهاد س أ = $10^\circ 28' 2''$

متوسط إجهاد س ب: يلاحظ من الجدول أنه لا يوجد فروق في الدرجات وكذلك في الدقائق إذ أن متوسط الدرجات (بعد طرح 180°) هو 87° ومتوسط الدقائق $42''$.

$$\therefore \text{متوسط الثواني} = 4 \div (40 + 20 + 20 + 00) = 20''$$

$$\text{فيصبح متوسط إجهاد س ب} = 87^\circ 42' 20''$$

$$\text{متوسط إجهاد س ج: متوسط الدرجات والدقائق} = 103^\circ 02'$$

$$\text{متوسط الثواني} = 4 \div (20 + 00 + 20 + 40) = 20''$$

$$\therefore \text{متوسط إجهاد س ج} = 103^\circ 02' 20''$$

متوسط إجهاد س د: متوسط الدرجات 214° ، وحيث أنه يوجد فرق في الدقائق وكذلك الثواني فيكون متوسطهما

$$= 4 \div (20 + 37 + 40 + 36 + 40 + 37) = 36''$$

$$= 4 \div (147 + 40) = 36''$$

$$\therefore \text{متوسط إجهاد س د} = 214^\circ 36' 58''$$

متوسط إجهاد س هـ: متوسط الدرجات 285° (ويلاحظ أنه قد أضيف في هذه الحالة والحالة السابقة 180° إلى قراءة الوزنية (٢) في الوضع المتساوي، 180° إلى قراءة الوزنية (١) في الوضع المتساوي).

$$\text{متوسط الدقائق والثواني} = 4 \div (00 + 18 + 40 + 17 + 00 + 17) = 30''$$

$$\therefore \text{متوسط إجهاد س هـ} = 285^\circ 17' 30''$$

متوسط ٠.٥ من (النهاية) متوسط الدرجات ٠.٢

$$\begin{aligned} \text{متوسط الدقائق والثواني} &= \frac{28 \times 20 + 28 \times 40 + 29 \times 00 + 28 \times 40}{128} = 28 \times 40 \div 128 \\ &= 28 \times 40 \div 128 = 87 \times 12 \div 20 \\ \text{متوسط ٠.٥ من أ الأخير} &= 28 \times 40 \div 128 \end{aligned}$$

ثم يصاد حساب الاتجاهات وذلك بجعل إتجاه من أ الأول (عند بداية الرصد) = صفر ثم طرح قيمة إتجاه من أ الأول من باقى الاتجاهات كما فى الجدول الأتى:

نقطة الإرتكاز	النقطة	متوسط الاتجاه	الاتجاه	لصحيح الاتجاه
أ	١٠ ٢٨ ٠.٢	٠٠ ٠٠ ٠.٠	٠٠ ٠٠ ٠.٠	٠٠ ٠٠ ٠.٠
ب	٢٠ ١٢ ٨٧	١٠ ١٩ ٨٥	٠١ ١٤ ٨٥	٠١ ١٤ ٨٥
ج	٢٠ ٠٢ ١٥٣	١٠ ٣٤ ١٥٠	٠٢ ٣٤ ١٥٠	٠٢ ٣٤ ١٥٠
د	٥٥ ٣٦ ٢١٤	٤٥ ٠٨ ٢١٧	٠٨ ٢٧ ٢١٧	٠٨ ٢٧ ٢١٧
هـ	٣٠ ١٧ ٢٨٥	٢٠ ٤٩ ٢٨٢	٠٩ ٤٨ ٢٨٢	٠٩ ٤٨ ٢٨٢
أ	٤٠ ٢٨ ٠.٢	٣٠ ٠٠ ٠.٠	٠٠ ٠٠ ٠.٠	٠٠ ٠٠ ٠.٠

فيكون هناك خطأ قدره ٣٠ إذ يجب أن يكون إتجاه من أ الأخير مساوياً لإتجاه من أ الذى رصد فى البداية. ويقسم هذا الخطأ على عدد الزوايا (٥ زوايا)، فيكون نصيب كل زاوية من هذا الخطأ. $6 = 30 \div 5$
ويجب طرح هذا الخطأ مع مضاعفته مع كل إتجاه حتى تتلاشى الزيادة.
فيطرح من إتجاه من ب ٠.٦، من إتجاه من ج ١.٢، من إتجاه من د ١.٨، من إتجاه من هـ ٢.٤، من إتجاه من أ ٣.٠.

تصبح الاتجاهات مصححة كما هو مبين بالجدول السابق في خانة التصحيح الاتجاهي.

ولحساب الزوايا :

مقدار الزاوية = الفرق بين اتجاهي الضلعين المحصورة بينهما / 2 ويجب أن يكون مجموع الزوايا = 360° كما في الجدول الآتي :

نقطة الإرتكاز	النقطة	الاتجاه مصححاً	الزاوية
(رأس الزاوية)	أ	° ٠٠ ٠٠	° ٨٥ ٦٤ ٠٤
ب	ب	٨٥ ١٤ ٠٤	٦٥ ١٩ ٥٤
ج	ج	١٥٠ ٣٣ ٥٨	٦١ ٣٤ ٢٩
د	د	٢١٢ ٠٨ ٢٧	٧٠ ٤٠ ٢٩
هـ	هـ	٢٨٢ ٤٨ ٥٦	٧٧ ١١ ٠٤
أ	أ	٠٠ ٠٠ ٠٠	٣٦٠ ٠٠ ٠٠
المجموع			

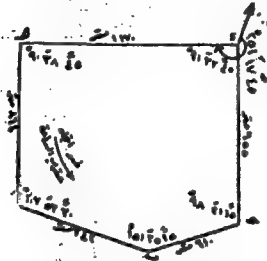
٢ - الترافيرس المقفل بالتيودوليت

المثال الثاني :

أخذت الأرصاد الآتية لضلع ترافيرس مقفل أ ب ج د هـ بالتريودوليت في اتجاه ضد عقرب الساعة، فكانت زواياه وأطوال أضلاعه كالآتي :

> أ	٣٠	٥٣	١٠٧	طول الضلع أ ب	٧٤٢ متراً
> ب	١٥	٣٥	١٥١	طول الضلع ب ج	٦١٠ متراً
> ج	١٥	٢١	٩٨	طول الضلع ج د	٩٥٥ متراً
> د	٤٥	٣٣	٩١	طول الضلع د هـ	١١٧٠ متراً
> هـ	٤٥	٣٨	٩٠	طول الضلع هـ أ	٨٦٤ متراً

وكان إحتراف الضلع د هـ الدائري $45^\circ 17' 20''$ ونسبة الخطأ المسموح به للمركبات $1/5000$ وإحداثيات نقطة ب هي $224,25$ جنوباً ، $528,61$ شرقاً ، والمطلوب رسم هذا المضلع على لوحة بمقياس $1:75000$ بطريقة الإحداثيات مرة وبطريقة المركبات مرة أخرى .
طريقة الإجابة



١ - الكروكي ،

يرسم كـروكي واضح لمخطوط الترافيرس ، ويحسن جداً رسمه بمقياس رسم ومنفصلة ، فإن ذلك يفيدنا كثيراً في تبين الشكل الحقيقي للمضلع ومواقع النقاط بالنسبة لبعضها البعض .

شكل رقم (١٤٧) كروكي الترافيرس

٢ - تصحيح خطأ قفل الزوايا :

يجب قبل البدء في إجراء أى حسابات التأكد من صحة زوايا المضلع وذلك باستخدام القانون : مجموع الزوايا الداخلية في أى شكل = $(2 - n) \times 90^\circ$

(ق = 90° ، n = عدد زوايا الشكل)

أى أنها يجب أن تكون في هذا المثال = $90^\circ (2 - 8) = -540^\circ$

ولكن مجموع الزوايا في هذا المثال = $30^\circ + 2^\circ + 540^\circ$

الخطأ = $30^\circ + 2^\circ + 540^\circ - 540^\circ = 32^\circ$

∴ الخطأ المسموح به للزوايا = 70° ثالثة (حيث n عدد زوايا المضلع)

الخطأ المسموح به في المثال = $70^\circ - 106^\circ = 36^\circ$

∴ الخطأ المسموح به

∴ نصيب كل زاوية من الخطأ $\overset{\circ}{30} = 0 \div 0.2 \overset{\circ}{30}$

ولما كان مجهول الزوايا أكثر من 540° أى أن الخطأ بالزيادة ، فنقوم بطرح $\overset{\circ}{30}$ من كل زاوية ، فتصبح زوايا الترافيرس مصححة كالآتى :

الزاوية قبل التصحيح			الزاوية بعد التصحيح		
$\overset{\circ}{2}$	$\overset{\circ}{30}$	$\overset{\circ}{53}$	$\overset{\circ}{107}$	$\overset{\circ}{00}$	$\overset{\circ}{53}$
$\overset{\circ}{ب}$	10	30	101	24	40
$\overset{\circ}{ج}$	10	21	98	20	40
$\overset{\circ}{د}$	40	23	91	23	10
$\overset{\circ}{هـ}$	40	28	90	28	10
المجموع			540	00	00

٣ - حساب الإنحرافات الدائرية للأضلاع

فى هذه المثلث الترافيرس ضد اتجاه عقرب الساعة. فيكون إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق $\pm 180^\circ$ + الزاوية المحصورة بين الضلعين .

$$\begin{aligned} \text{إنحراف د هـ} &= 201 \overset{\circ}{17} 40 - 180 = 21 \overset{\circ}{17} 40 \\ \text{إنحراف هـ أ} &= 201 \overset{\circ}{17} 40 - 180 + 10 = 21 \overset{\circ}{28} 10 \\ \text{إنحراف أ ب} &= 201 \overset{\circ}{17} 40 + 180 + 107 \overset{\circ}{03} 00 = 489 \overset{\circ}{20} 40 \\ \text{إنحراف ب ج} &= 489 \overset{\circ}{20} 40 + 180 + 101 \overset{\circ}{24} 40 = 770 \overset{\circ}{45} 20 \\ \text{إنحراف ج د} &= 770 \overset{\circ}{45} 20 + 180 + 98 \overset{\circ}{20} 40 = 949 \overset{\circ}{06} 00 \\ \text{إنحراف د هـ} &= 949 \overset{\circ}{06} 00 - 180 - 91 \overset{\circ}{23} 10 = 768 \overset{\circ}{02} 50 \end{aligned}$$

٤ - حساب الإنحرافات المختصرة للأضلاع :

ت حسب الإنحرافات المختصرة طبقاً للإنحرافات الدائرية السابق إيجادها.

ويمكن وضع الإنحرافات الدائرية المختصرة فى صورة كالتالى

الصلح	الانحراف الدافئ	الانحراف المختصر
أ ب	ش ٠٠ ٤٩ ٨٩ ق	ش ٠٠ ٤٩ ٨٩ ق
ب جـ	ش ٤٥ ٢٣ ٦١ ق	ش ٤٥ ٢٣ ٦١ ق
جـ د	ش ٣٠ ٢٠ ٢٣٩	ش ٣٠ ١٥ ٢٠ غـ
د هـ	ش ٤٥ ١٧ ٢٥١	جـ ٤٥ ١٧ ٧١ غـ
هـ أ	ش ٠٠ ٥٦ ١٦١	جـ ٠٠ ٥٤ ١٨ ق

٥ - صاب مركبات خطوط:

نأتي أود بجيوب وجيوب تمام الانحرافات المختصرة للأضلاع من جداول النسب المثلثة كما في الجدول الآتي :

الصلح	طول الصلح بالمتر	الانحراف المختصر	جا الانحراف المختصر	جا الانحراف المختصر
أ ب	٧٤٢	ش ٠٠ ٤٩ ٨٩ ق	٠,٠٠٣٢	١,٠٠٠٠
ب جـ	٦١٠	ش ٤٥ ٢٣ ٦١ ق	٠,٤٧٨٧	٠,٧١٢٠
جـ د	٩٥٥	ش ٣٠ ٢٠ ٢٣٩ غـ	٠,٩٣٨٢	٠,٣٤٦٢
د هـ	١١٧٠	جـ ٤٥ ١٧ ٧١ غـ	٠,٣٢٠٦	٠,٩٤٧٢
هـ أ	٨٦٤	جـ ٠٠ ٥٤ ١٨ ق	٠,٩٥٠٧	٠,٣١٠١

وتكون المركبات الرأسية والأفقية للأضلاع كالآتي :

العلع	المركبات الرأسية		المركبات الأفقية	
	+	-	+	-
أ ب	٢,٣٧٤٤		٧٤٢,٠٠٠٠	
ب جـ	٢٩٢,٠٠٧٠		٤٣٤,٣٢٠٠	
جـ د	٨٩٥,٩٨١٠			٣٣٠,٦٢١٠
د هـ		٣٧٥,١٠٢٠		١١٠٨,٢٢٤٠
هـ أ		٨٢١,٤٠٤٨	٢٦٧,٩٢٦٤	
المجموع	١١٩٠,٣٦٢٤	١١٩٦,٥٠٦٨	١٤٤٤,٢٤٦٤	١٤٣٨,٨٤٥٠

ونخب أن يكون مجموع المركبات الرأسية الموجبة مساوياً لمجموع المركبات الرأسية السالبة، وكذلك الحال بالنسبة للمركبات الأفقية.

إلا أنه في هذا المثال نجد أن :

$$\text{المجموع الجبرى للمركبات الرأسية} = ١١٩٠,٣٦ - ١١٩٦,٥١ = -٦,١٥$$

$$\text{المجموع الجبرى للمركبات الأفقية} = ١٤٤٤,٢٥ - ١٤٣٨,٨٥ = ٥,٤٠$$

(يمكن إحمال الأرقام العشرية ويكتفى بأقرب رقمين عشريين).

وحيث أن المجموع الجبرى للإحداثيات الرأسية أو الأفقية لم يكن صفراً فيكون هناك خطأ قفل.

٦ - تصحيح خطأ قفل المركبات :

إذا كان خطأ القفل مسموحاً به فيوزع على المركبات الرأسية والأفقية بالطريقة التى سنذكرها فيما بعد. وفى المثال نجد أن:

$$\text{مجموع المركبات الرأسية} = -٦,١٥ \text{ ومجموع المركبات الأفقية} = ٥,٤٠$$

$$\therefore \text{خطأ القفل} = \sqrt{{\text{م}^2} + {\text{س}^2}}$$

$$= \sqrt{{\text{م}^2(٥,٤٠ +) + {\text{س}^2(٦,١٥ -)}}} = ٨,١٨ \text{ متر}$$

$$\text{: نسبة خطأ القفل} = ٨,١٨ : ٤٣٤١$$

$$= ١ : ٥٣٠,٦٨$$

وحيث أن نسبة خطأ القفل المسموح بها في هذا المثال $\frac{1}{500}$

∴ نسبة خطأ القفل مسموح بها وتوزع على المركبات الرأسية والأفقية في المثال.

٧- توزيع خطأ القفل على المركبات:

١ - طريقة الإحداثيات :

$$\text{تصحیح المركبة الرأسية للضلع} = \text{طول المركبة الرأسية للضلع} \times \frac{\text{المركبة الرأسية للخطأ}}{\text{مجموع المركبات الرأسية}}$$

$$\text{تصحیح المركبة الأفقية للضلع} = \text{طول المركبة الأفقية للضلع} \times \frac{\text{المركبة الأفقية للخطأ}}{\text{مجموع المركبات الأفقية}}$$

ثم يضاف مقدار التصحيح الناتج (سواء للمركبات الرأسية أو الأفقية) أو يطرح طبقاً لإشارات المركبات حتى يصبح المجموع الجبري للمركبات الرأسية أو الأفقية صفراً.

ب - طريقة بودنش :

وأساس هذه الطريقة :

$$\text{تصحیح المركبة الرأسية للضلع} = \text{طول الضلع} \times \frac{\text{المركبة الرأسية للخطأ}}{\text{محيط الضلع}}$$

$$\text{تصحیح المركبة الأفقية للضلع} = \text{طول الضلع} \times \frac{\text{المركبة الأفقية للخطأ}}{\text{محيط الضلع}}$$

وفيما يلي تصحيح المركبات الرأسية والأفقية في المثال بطريقة بودنش .

تصحیح المركبات الرأسية :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{مقدار التصحيح للضلع أب} & = & 742 \times \frac{610}{1341} = 1.05 \\
 \text{ب ج} & = & 610 \times \text{..} = 0.86 \\
 \text{ج د} & = & 955 \times \text{..} = 1.35 \\
 \text{د هـ} & = & 1170 \times \text{..} = 1.66 \\
 \text{هـ أ} & = & 864 \times \text{..} = 1.23 \\
 \hline
 \text{المجموع} & & 6.15
 \end{array}$$

تصحیح المركبات الأفقية :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{مقدار التصحيح للضلع أب} & = & 742 \times \frac{0.4}{1341} = 0.92 \\
 \text{ب ج} & = & 610 \times \text{..} = 0.76 \\
 \text{ج د} & = & 955 \times \text{..} = 1.20 \\
 \text{د هـ} & = & 1170 \times \text{..} = 1.45 \\
 \text{هـ أ} & = & 864 \times \text{..} = 1.07 \\
 \hline
 \text{المجموع} & & 0.48
 \end{array}$$

ولتصحیح المركبات الرأسية في الجدول نجد أن مجموع المركبات الموجبة أقل من مجموع المركبات السالبة، فيضاف مقدار التصحيح السابق لإيجاده للأضلاع ذات المركبات الموجبة وطرح مقدار التصحيح من الأضلاع ذات المركبات السالبة فيكون مجموع المركبات الموجبة والسالبة متساوياً ومجموعهما الجبرى يساوى صفر.

$$\therefore \text{المركبة الرأسية للضلع أ ب مصححة} = 2.37 = 1.05 + 1.32$$

$$\text{ب ج} = 0.86 + 292.01 = 292.87$$

المركبة الرأسية للضلع ج د المصنعة $897,23 = 1,25 + 895,98$

المركبة الرأسية للضلع د ه $373,44 = 1,66 - 375,10$

المركبة الرأسية للضلع ه أ $820,18 = 1,23 - 821,41$

ولتصحیح المركبات الأفقية في الجدول، نجد أن مجموع المركبات السالبة أقل من مجموع المركبات الموجبة، فيضاف مقدار التصحيح السابق لإجاده للمركبات السالبة لكل ضلع، ويطرح مقدار التصحيح من المركبات الموجبة فيصبح مجموع المركبات الموجبة مساوياً للمركبات السالبة.

المركبة الأفقية للضلع أ ب مصنعة $741,08 = 0,92 - 742,00$

المركبة الأفقية للضلع ب ج $433,56 = 0,76 - 434,32$

المركبة الأفقية للضلع ج د $331,82 = 1,20 + 330,62$

المركبة الأفقية للضلع د ه $1109,68 = 1,45 + 1108,23$

المركبة الأفقية للضلع ه أ $266,86 = 1,07 - 267,93$

ويمكن وضع هذه المركبات المصنعة كما في الجدول الآتي :

الضلع	المركبات قبل التصحيح		المركبات بعد التصحيح	
	الرأسية	الأفقية	الرأسية	الأفقية
أ ب	$2,37 +$	$742,00 +$	$3,42 +$	$741,08 +$
ب ج	$292,01 +$	$434,32 +$	$292,87 +$	$433,56 +$
ج د	$895,98 +$	$330,62 -$	$897,23 +$	$331,82 -$
د ه	$375,10 -$	$1108,23 -$	$373,44 -$	$1109,68 -$
ه أ	$821,41 -$	$267,93 +$	$820,18 -$	$266,86 +$
المجموع	$- 6,15$	$+ 0,40$	$00,00$	$00,00$

٨ - إحداثيات نقط المصطلح :

أ - طريقة الإحداثيات :

توجد إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما رأسياً يمثل المحور
الصادى (إتجاه التصلل موجب وإتجاه الجنوب سالب) والمحور الآخر أفقياً يمثل
المحور السينى (إتجاه الشرق موجب وإتجاه الغرب سالب).

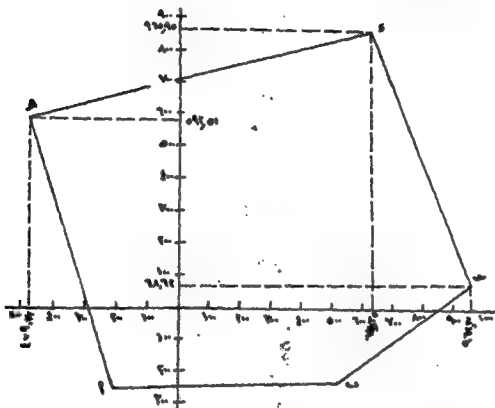
ولإيجاد إحداثيات نقط رؤوس المصطلح نتبع ما يأتى :

أ - نكتب الإحداثيات الرأسى لنقطة ب (حيث أنها المعلومة فى المثال) ويميز
بعلامة + إذا كان شمالاً ، - إذا كان جنوباً. وكذلك الإحداثى الأفقى
بالموجب إذا كان شرقاً وبالسالب إذا كان غرباً.

ب - نجمع جبرياً المركبة الرأسية للمصطلح ب جـ مع الإحداثى الرأسى لنقطة ب
فيكون الناتج هو الإحداثى الرأسى لنقطة جـ وننقل علامته الموجبة أو السالبة
على إتجاهه شمالاً أو جنوباً. كذلك نجمع جبرياً المركبة الأفقية للمصطلح ب
جـ مع الإحداثى الأفقى لنقطة ب ، فيكون الناتج هو الإحداثى الأفقى
لنقطة جـ وننقل علامته الجبرية على إتجاهه + شرقاً - غرباً.

جـ - نستمر فى هذه العملية بجمع المركبات الرأسية والأفقية للأضلاع جبرياً
مع الإحداثيات الرأسية والأفقية للنقط حتى تنتهى إلى إحداثيات النقطة التى
بدأنا بها فنحصل على إحداثياتها الرأسية والأفقية السابق البدء بها وذلك
للتحقق. وفيما يلى حساب إحداثيات نقط رؤوس المصطلح :

من نقطة التقائهم. لم توقع كل نقطة طبقاً لإحداثياتها الرأسى والأفقى واتجاهها
كما فى الشكل رقم (١٤٨).



شكل رقم (١٤٨) رسم مخطط التواليف بطريقة الإحداثيات

ب - طريقة المركبات :

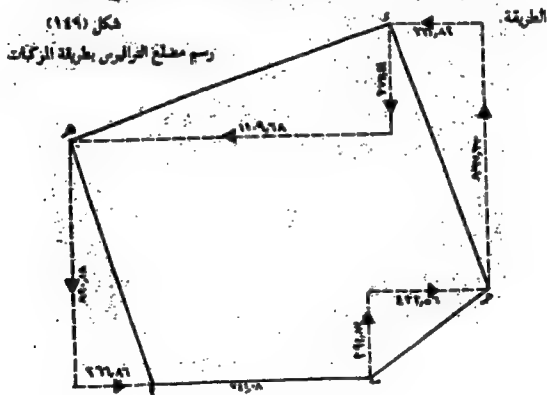
١ - نوقع نقطة ب فى مكان مناسب من اللوحة، ونسترشد فى ذلك بالكروكي
السابق رسمه، لم نرسم مركبات الضلع ب جـ فى الاتجاه الذى نل عليه
علامتها الجبرية، فالمركبة الرأسية موجبة أى تجاه الشمال والأفقية موجبة أى
تجاه الشرق. فنقوم بقياس خط تجاه الشمال طوله = طول المركبة الرأسية
للضلع ب جـ = ٢٩٢,٨٧ متر (طبقاً لمقياس الرسم) ومن نهاية هذا الخط
نقيم عموداً عليه تجاه الشرق طوله = طول المركبة الأفقية للضلع ب جـ =
٤٢٣,٥٦ متراً فتعتبر نهاية هذا الخط نقطة جـ

٢ - نرسم بعداً قدره ٨٩٧,٢٢ متراً من نقطة جـ في اتجاه الشمال، ومن نهاية هذا البعد نقيم عليه عموداً تجاه الغرب طوله ٢٣١,٨٢ متراً فتكون نقطة د في نهايته.

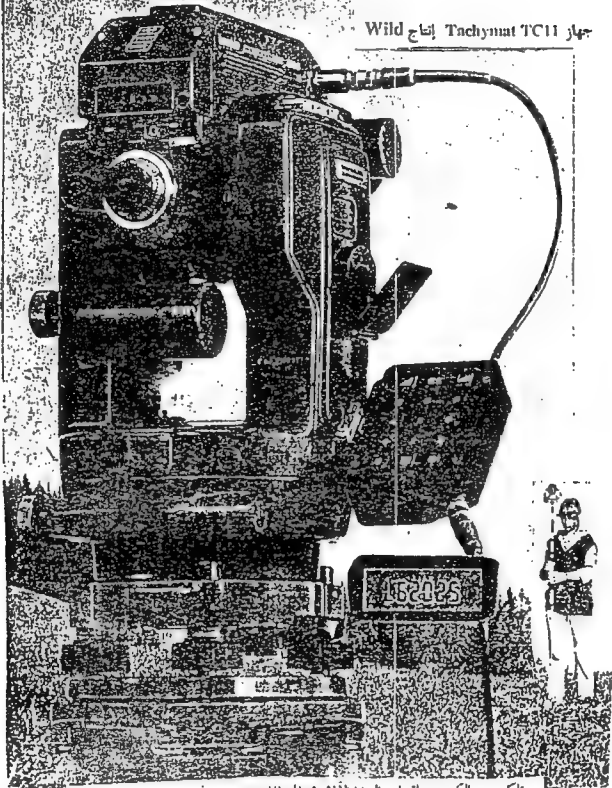
٣ - من نقطة د نقيس بعداً قدره ٢٧٢,٤٤ متراً في اتجاه الجنوب، ومن نهايته نقيم عليه عموداً تجاه الغرب طوله ١١٠٩,٦٨ متراً وهما مركبتا الضلع د هـ الرأسية والأفقية على التوالي، فتصبح نهاية هذا العمود نقطة هـ.

٤ - من نقطة هـ نقيس بعداً قدره ٨٢٠,١٨ متراً تجاه الجنوب، ومن نهاية هذا البعد نقيم عليه عموداً في اتجاه الشرق بطول قدره ٢٦٦,٨٦ فتكون نهايته هي نقطة أ.

٥ - ولأننا رسمنا من نقطة أ خطاً طوله ٢,٤٢ متراً تجاه الشمال وأقمنا عليه من نهايته عموداً طوله ٧٤١,٠٨ تجاه الشرق، فإننا نجد أن نهاية هذا العمود ستطبق على نقطة ب السابق توطينها، ولأننا لم نطبقا فمعنى هذا أن هناك خطأ في الرسم. والشكل التالي (رقم ١٤٩) يبين سم الخطأ بهذا.



جهاز Tachymat TC11 إنتاج Wild



فاكيومتر الكتروني لقياس الزوايا الأفقية والمسافات - حتى 5 كم - بدقة 0.001 متر

ومزود بحاسب آلي لتحديد إحداثيات الأهداف ومناسبتها.

٣ - الترافيرس المتصل بالتيودوليت

المثال الثالث :

من أ ب ج د ع ترافيرس متصل فى اتجاه عقرب الساعة يربط على الخطين
س من، ع ل وكلاهما خطوط من ترافيرس سابق مصحح. فإذا أخذت الأرصاد
الآتية :

> من = ٢٥ ١٠ ٢٣١ وطول س من ٤٥٠ مترا

> أ = ٣٠ ٤٥ ١٣٩ وطول من أ ٥١٠ مترا

> ب = ٠٠ ٢٢ ٩١ وطول أ ب ٦٥٠ مترا

> ج = ١٥ ٣٠ ٢٣١ وطول ب ج ٧٨٠ مترا

> ع = ٣٥ ٤٠ ٢٨٦ وطول ج د ٦٤٠ مترا

وكانت إحداثيات النقطة س ، من ، ع كالآتى :

إحداثيات نقطة س ١٥١٩,٨١ شمالاً، ٧٥٧,٤٢ شرقاً

،، نقطة من ١٠٧٨,٣١ شمالاً، ٩٥٠٠,٩٢ شرقاً

،، نقطة ع ٣٦٧,٨٣ شمالاً، ٦٩٣,٥٧ شرقاً

وكان إنحراف ع ل المختصر ج د ٢٠ ٢٢ ٢٥ غ

والمطلوب حساب وتصحيح زوايا هذا الترافيرس ورسمه بطريقة

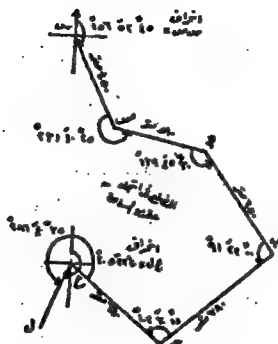
الإحداثيات بمقياس ١ : ٥٠٠. علماً بأن نسبة الخطأ المصرح بها للمركبات

١/١٠٠٠

طريقة الإجابة

. نرسم أولاً كروكى للشكل حتى يمكن أن يساعدنا فى حل المثال ويكتسب

عليه جميع الأرصاد المذكورة بالمثال، كما فى الشكل (رقم ١٥٠).



شكل (٩٩) مركزى مطلع الترافيس المتصل

١ - حساب الخطأ في الزوايا وتصحيحها :

لحساب الخطأ في الزوايا لابد أن تأتى بالإنحراف الدائرى للضلعين : س ص ،
ع ل ، حيث أنهما يرتبطان بتراقرس سابق مصحح ، وعلى هذا فإن إنحرافيهما
تكون صحيحة. ولإيجاد الإنحراف الدائرى للضلع س ص من واقع إحداثيات
نقطتي س ، ص ، تستخدم القاعدة الآتية :

$$\text{ظا الإنحراف المختصر للضلع} = \frac{\text{الفرق بين إحداثيه الأفقيين}}{\text{الفرق بين إحداثيه الرأسين}}$$

وبمعرفة ظا الإنحراف المختصر، يمكن إيجاد الإنحراف المختصر من واقع
الجدول الرياضية بالبحث عن مقابل ظه في جدول الظلال. ويتم تحديد الربع
الموجود فيه هذا الإنحراف عن طريق إشارات البسط والمقام عند إيجاد ظا الإنحراف
المختصر. وبمعرفة الإنحراف المختصر للضلع والربع الموجود فيه يمكن إيجاد
الإنحراف الدائرى لهذا الضلع.

$$\therefore \text{ظا الإنحراف المختصر للضلع س ص} = \frac{٩٥٠,٩٢ - ٧٥٧,٤٢}{١٠٧٨,٣١ - ١٥١٩,٨١}$$

$$= \frac{١٩٣,٥٠ -}{٤٤١,٥٠ +} = ٠,٤٣٨٢$$

وحيث أن المركبة الأفقية بالسالب والرأسية بالموجب فمعنى ذلك أن هذا الضلع يقع في الربع الثاني أى الربع الجنوبي الشرقي. والكشف في جدول الظلال عن المقابل للرقم ٤٣٨٢.

$$\text{وجد أنه يساوى } ١٥^\circ ٠٧' ٢٣'' \therefore \text{ الإنحراف المختصر للضلع س ص} = ١٥^\circ ٠٧' ٢٣''$$

وعلى هذا يكون إنحرافه الدائري

$$= ١٨٠^\circ - ١٥^\circ ٠٧' ٢٣'' = ١٦٤^\circ ٥٢' ٣٦''$$

، إنحراف ع ل المختصر = $٢٠^\circ ٢٢' ٢٥''$

أى أنه يقع في الربع الثالث الجنوبي الغربى.

وعلى هذا يكون إنحرافه الدائري

$$= ١٨٠^\circ + ٢٠^\circ ٢٢' ٢٥'' = ٢٠٠^\circ ٢٢' ٢٥''$$

إنحراف س ص = $١٥٦^\circ ٥٢' ٤٥''$

إنحراف ص أ = $١٠٥^\circ ٤٢' ٢٠'' - ٢٣١^\circ ١٠' ٢٥'' - ١٨٠^\circ + ١٥٦^\circ ٥٢' ٤٥'' = ١٠^\circ ٤٢' ٢٠''$

إنحراف أ ب = $١٤٥^\circ ٥٦' ٥٠'' - ١٣٩^\circ ٤٥' ٣٠'' - ١٨٠^\circ + ١٠٥^\circ ٤٢' ٢٠'' = ١٠^\circ ٥٦' ٤٠''$

إنحراف ب ج = $٢٣٤^\circ ٣٤' ٥٠'' - ٩١^\circ ٢٢' ٠٠'' - ١٨٠^\circ + ١٤٥^\circ ٥٦' ٥٠'' = ٢٣٤^\circ ٣٤' ٥٠''$

إنحراف ج د = $٣١٢^\circ ٠٤' ٣٥'' - ١٠٧^\circ ٣٠' ١٥'' - ١٨٠^\circ - ٢٣٤^\circ ٣٤' ٥٠'' = ٣١٢^\circ ٠٤' ٣٥''$

إنحراف د ل = $٢٠٥^\circ ٢٤' ٢٠'' - ٢٨٦^\circ ٤٠' ٣٥'' - ١٨٠^\circ - ٣١٢^\circ ٠٤' ٣٥'' = ٢٠٥^\circ ٢٤' ٢٠''$

ولكن إنحراف ع ل الدائري الصحيح $٢٠^\circ ٢٢' ٢٥''$

\therefore خطأ القفل = $٢٠٥^\circ ٢٤' ٢٠'' - ٢٠^\circ ٢٢' ٢٥'' = ١٨٥^\circ ٠١' ٥٥''$

، خطأ القفل المسموح به = $\sqrt[4]{٧٠} = \sqrt[4]{٧٠} = ١٥٦ = ٠^\circ ٢' ٣٦''$

خطأ القفل مسموح به ويوزع بالتساوى على زوايا الترافيرس.

فيكون نصيب كل زاوية = $\frac{40}{4} = 10$ $\frac{40}{4} = 10$

ويضاف هذا الخطأ لكل زاوية من زوايا الترافيرس فتصبح كالآتي :

الزاوية	الزاوية قبل التصحيح	الزاوية بعد التصحيح
> ص	231 10 20	231 10 40
> أ	139 40 30	139 40 50
> ب	91 22 00	91 22 20
> ج	102 30 10	102 30 30
> ع	286 40 30	286 40 50

ثم تحسب الإنحرافات الدائرية للأضلاع ثانياً بعد تصحيح الزوايا، فتنتج الإنحرافات الدائرية مصححة ويجب أن تنتهي بالانحراف ع ل الصحيح وهو 20.0 22 20

انحراف برحلى = $106 52 40 =$

انحراف ص أ = $106 52 40 - 180 + 231 10 40 = 106 52 00$

انحراف أ ب = $106 52 00 - 180 + 139 40 50 = 145 06 10$

انحراف ب ج = $145 06 10 - 180 + 91 22 20 = 234 23 50$

انحراف ج د = $234 23 50 - 180 + 102 30 30 = 312 03 10$

انحراف ع ل = $312 03 10 - 180 + 286 40 50 = 200 22 20$

وبذلك نكون قد صححنا زوايا الترافيرس وصححنا إنحرافاته الدائرية .

٢ - حساب المركبات الأفقية والرأسية وتصحيحها :

نأخذ أولاً بالإنحراف المختصر لكل ضلع من واقع الإنحراف الدائري المصحح .

الضلع	الإحداثيات الناقصة	الإحداثيات المختصرة	جا	جا
س ص	١٥٦ ٥٢ ٤٥	جا ١٥ ٠٧ ٢٣ ق	٠,٩٦٢٧	٠,٢٧٠٦
ص أ	١٠٥ ٤٢ ٠٠	جا ١٨ ٠٠ ٧٤ ق	٠,٥٦٠٢	٠,٨٢٨٣
أ ب	١٤٥ ٥٦ ١٠	جا ٥٠ ٠٣ ٣٤ ق	٠,٨١٤٨	٠,٥٧٩٨
ب ج	٢٣٤ ٣٣ ٥٠	جا ٥٠ ٣٣ ٥٤ ح	٠,٧٤٢٦	٠,٦٦٩٨
ج د	٣١٢ ٠٣ ١٥	جا ٤٥ ٥٦ ٤٧ ح		
د ع	٢٠٥ ٢٢ ٢٠	جا ٢٠ ٢٢ ٢٥ ح		

ولبيان المركبات الرأسية للضلع = طول الضلع \times جا الإحداثيات المختصرة

والمركبات الأفقية للضلع = طول الضلع \times جا الإحداثيات المختصرة

الضلع	المركبات الرأسية		المركبات الأفقية	
	+	-	+	-
ص أ		١٣٨,٠١	٤٩٠,٩٨	
أ ب		٥٥٠,٤٠	٣٦٤,١٣	
ب ج		٤٥٢,٢٤	٦٣٥,٥٤	
ج د	٤٢٨,٦٧		٤٧٥,٢٦	
المجموع	٤٢٨,٦٧	١١٤٠,٦٥	٨٥٥,١١	١١١٠,٨٠
المجموع الجبرى	٧١١,٩٨ -		٢٥٥,٦٩ -	

ولمعرفة خطأ القفل فى المركبات الرأسية يكون ذلك بمقارنة المجموع الجبرى للمركبات الرأسية مع الفرق بين الإحداثيين الرأسيين لنقطتى ع ، ص وكذلك الحال لإيجاد خطأ القفل فى المركبات الأفقية، إذ يقارن المجموع الجبرى لها مع

الفرق بين الإحداثيين الأفقيين لنقطتي ع ، ص .

∴ فرق الإحداثيين الرأسيين لنقطتي ع ، ص أو صبح - صسر

$$= 367,82 - 1078,31 = -710,48 \text{ متراً}$$

∴ طول المركبة الرأسية لخطا القفل

= (صبح - صسر) - المجموع الجبري للمركبات الرأسية

$$= -710,48 - (-711,98) = 1,50 \text{ متراً}$$

، فرق الإحداثيين الأفقيين لنقطتي ع ، ص أو صبح - صسر

$$= 693,07 - 900,96 = -207,89 \text{ متراً}$$

∴ طول المركبة الرأسية لخطا القفل

= (صبح - صسر) - المجموع الجبري للمركبات الأفقية

$$= -207,89 - (-200,69) = -7,20 \text{ متر}$$

ملاحظة : يجب مراعاة إشارات الإحداثيات موجبة كانت أم سالبة.

∴ طول خطا القفل للمركبات الرأسية والأفقية

$$= \sqrt{\text{ص}^2 + \text{ع}^2}$$

$$= \sqrt{(1,5)^2 + (-7,2)^2} = 7,37 \text{ متر}$$

$$\text{نسبة خطا القفل} = 7,37 : 2080$$

$$= 1 : 282,23$$

وبما أن النسبة المسموح بها لخطا قفل المركبات الرأسية والأفقية

هي ١ : ١٠٠٠ ، فيكون خطا القفل في هذا المثال مسفوحاً به.

توزع المركبات الرأسية لخطا القفل على المركبات الرأسية طبقاً لطول كل

ضلع وتوزع المركبة الأفقية للخطا على المركبات الأفقية للأضلاع بنفس الطريقة

التي تتبع في المضلعات المقفلة.

توزيع خطأ القفل على المركبات الرأسية :

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ص أ} = \frac{1,5}{3580} \times 510 = 0,21$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع أ ب} = 0,28 \times 650 = 0,18$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ب ج} = 0,15 \times 780 = 0,12$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ج د} = 0,28 \times 650 = 0,18$$

توزيع خطأ القفل على المركبات الأفقية :

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ص أ} = \frac{1,77}{3580} \times 510 = 0,25$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع أ ب} = 0,11 \times 650 = 0,07$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ب ج} = 0,01 \times 780 = 0,01$$

$$\text{مقدار التصحيح للضلع ج د} = 0,11 \times 650 = 0,07$$

فنتصح المركبات الرأسية بعد تصحيحها (بإضافة مقدار الخطأ الناتجة لكل ضلع إلى مركبته الرأسية الموجبة وطرح مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع من المركبات السالبة) والمركبات الأفقية (بعد طرح مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع من المركبات الموجبة وإضافة مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع إلى مركبته السالبة) - كما في الجدول التالي :

الضلع	المركبات الرأسية مصححة		المركبات الأفقية مصححة	
	+	-	+	-
ص أ		137,72	190,75	
أ ب		550,02	373,72	
ب ج		151,79		737,05
ج د	129,05			175,67
المجموع	129,05	1139,53	854,37	1111,72
المجموع الجبري	- 710,48		- 257,35	

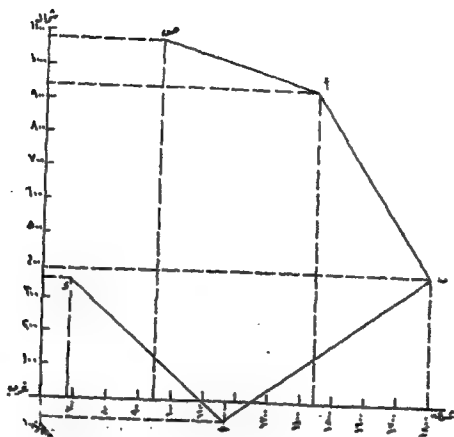
٣ - رسم مطلاع الترافيرس :

لرسم مطلاع الترافيرس بطريقة الإحداثيات كما هو مطلوب في المثال : يكتب الإحداثي الرأسى لنقطة البداية (ص) ويجمع عليها جبرياً طول المركبة الرأسية للمطلع المؤدى للنقطة التالية (أ) فيكون الناتج الإحداثي الرأسى للنقطة التالية وكذلك الحال بالنسبة للإحداثيات والمركبات الأفقية.

وفيما يلى الإحداثيات الرأسية والأفقية لرؤوس الترافيرس :

الإحداثي الأفقى	الإحداثي الرأسى	
٩٥٠,٩٢ +	١٠٧٨,٣١ +	ص
٤٩٠,٦٥ +	١٣٧,٧٢ -	ص أ
١٤٤١,٥٧ +	٩٤٠,٥٩ +	أ
٣٦٣,٧٢ +	٥٥٠,٠٢ -	أ ب
١٨٠٥,٢٩ +	٣٩٠,٥٧ +	ب
٦٣٦,٠٥ -	٤٥١,٧٩ -	ب ج
١١٦٩,٢٤ +	٦١,٢٢ -	ج
٤٧٥,٦٧ -	٤٢٩,٠٥ +	ج ح
٦٩٣,٥٧ +	٣٦٧,٨٣ +	ح

ومن واقع إحداثيات نقط رؤوس الترافيرس الرأسية والأفقية يمكن رسم أضلاع الترافيرس بطريقة الإحداثيات طبقاً لمقياس الرسم المطلوب. كما في الشكل (رقم ١٥١).



شكل رقم (١٥١) رسم مقطع التواليف المتصل



نقطة إحداثيات	هدف	المختار من			
		ارتفاع (د)	ارتفاع (د)	ارتفاع (د)	ارتفاع (د)
١	٢٠	١٨٠	٢٠	٢٠	٢٠
١٦	٢٠	٢٨٢	١٥	٢٠	١٦
٢٣	٢٠	٢٥٧	٢٢	٢٠	٢٤
٤٧	٢٠	٥٨	٤٧	٢٠	٤٧
٥٣	٢٠	١٦٦	٥٢	٢٠	٥٣
٥٩	٢٠	١٧٩	٥٨	٢٠	٥٩

والمطلوب تصحيح وحساب الزوايا بين هذه الأهداف ثم حساب الانحراف الدائري لكل ضلع إذا كان انحراف س أ $30^{\circ} 16' 123''$.

٢ - أ ب ج د ه و ، مضلع ترافيرس مقفل في اتجاه عقرب الساعة أطوال زواياه كما قيست بالتيودوليت وأطوال أضلاعه كما يلي :

> أ	٢٠	٤٠	١٠٩	طول أ ب	٨٠٥	متراً
> ب	٤٥	٣٠	١٢٣	طول ب ج	٦٧٨	متراً
> ج	٤٠	١١	١١٠	طول ج د	٨١٢	متراً
> د	٢٥	٠٠	١٤١	طول د ه	٨٥٣	متراً
> هـ	٤٥	٥٣	٨٠	طول هـ و	٨٦٢	متراً
> و	٣٥	٤٥	١٥٤	طول و أ	٦٢٠	متراً

وكان انحراف ج د الدائري $30^{\circ} 42' 173''$ وإحداثيات نقطة هـ 415.23 جـ ، 253.68 ق ، مع إعتبار أن خطأ قفل المركبات مسوحاً به ، والمطلوب رسم المضلع بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ بطريقة الإحداثيات مرة ثم بطريقة المركبات مرة أخرى.

٣ - أخذت أرصاد ترافيرس متصل في اتجاه عقرب الساعة من أ ب ج د هـ ، يربط على ضلعين من ترافيرس سابق مصحح هما س ص ، هـ و فكانت الأرصاد والمعلومات الآتية :

إحداثيات نقطة ص 100 اش ، 600 ق وانحراف س من الدائري $20^{\circ} 40' 304''$.
إحداثيات نقطة هـ 1100 ر ، 700 ق وانحراف هـ و الدائري $15^{\circ} 45' 332''$.
وزوايا الترافيرس ، كما قيست بالتيودوليت ، وأطوال أضلاعه كما يأتي :

> من	١٥	١٢	٢٥٤	طول من أ	٧٨٠	متراً
> أ	٥٠	١٥	٨٦	طول أ ب	٨٢٠	متراً
> ب	٤٥	١٩	١٢٧	طول ب جـ	٧٣٥	متراً
> جـ	٣٠	٥٣	٧٩	طول جـ د	٦٧٨	متراً
> د	٤٥	٣٦	٢٥٢	طول د هـ	٥٧٥	متراً
> هـ	٤٠	٤٤	٢٥١			

والمطلوب حساب إحداثيات رؤوس أضلاع هذا الترافيرس مع رسمه بمقياس رسم مناسب.

٤ - الأرصاد الآتية أخذت لترافيرس مفتوح بدأ من الصلح من من وهو من ترافيرس سابق مصحح وانتهى بنقطة (و) غير معروف إحداثياتها. وكان الترافيرس ضد اتجاه عقرب الساعة :

> من	٤٥	٢٥	٢٧٠	طول من أ	٤٥٠	متراً
> أ	٣٠	٥٥	٢٣٣	طول أ ب	٦٣٥	متراً
> ب	١٥	١٥	١٢	طول ب جـ	٧٨٥	متراً
> جـ	٠٠	٣٢	٩٥	طول جـ د	٨٥٠	متراً
> د	١٥	٤٠	٩٨	طول د هـ	٨٦٨	متراً
> هـ	٠٠	٥٦	٢٣٧	طول هـ و	٥٤٠	متراً

وإحداثيات نقطة من ٨٧٨، ١٦ شمالاً ، ٦٥٥، ٣٤ شرقاً

وإحداثيات نقطة من ٤٤٥، ١٦ شمالاً ، ٨٤٠، ٨٤ شرقاً

والإنحراف الدائري للمضلع هـ و ١٥ ٢٥ ١١٥ (وهو الإنحراف الصحيح لهذا المضلع).

والمطلوب حساب إحداثيات رؤوس أضلاع هذا الترافيرس وتوقيعها على لوحة الرسم بطريقة المركبات مرة وبطريقة الإحداثيات مرة أخرى بمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠ (اعتبر عدم وجود خطأ قفل في المركبات الرأسية والأفقية).

٥ - الجدول الآتي يبين الأرصاد المأخوذة عند قياس الزوايا بين الأهداف المحيطة
بنقطة من المثبت عليها التيردوليت . والمطلوب حساب وتصحيح هذه
الزوايا.

نقطة الإرتداد	الهدف	الجهاز مقياس				الجهاز مقياس			
		زوية (أ)		زوية (ب)		زوية (أ)		زوية (ب)	
س	أ	٣٠	٠٣	٤٥	١٥	٠٣	٠٤	٢٢٥	١٥
	ب	٠٠	٣٤	١٠٦	١٥	٣٣	٣٥	٢٨٦	٤٥
	جـ	١٥	٥٦	١٥٧	٤٥	٥٥	٣٠	٣٣٧	٣٠
	د	٤٥	١٢	٢١١	٣٠	١٣	١٣	٣١	٣٠
	هـ	٤٥	٢٥	٢٥٣	٠٠	٢٦	١٥	٧٣	٠٠
	و	٠٠	٥٩	٢٩٩	٤٥	٥٨	٠٠	١١٩	١٥
	ز	١٥	٤٧	٣٤٧	٣٠	٤٧	٠٠	١٦٧	١٥
	أ	٤٥	٠١	٤٥	٣٠	٠١	١٥	٢٢٥	٣٠

٦ - عند القيام بحمل ترافيرس مقفل بالتيردوليت رؤوسه س ، ص ، ع ، ل
ضد إتجاه عقرب الساعة، أعطت الأرصاد الآتية :

> س ٢٠ ٤٣ ٦٦ طول س ص ٩١٨ متراً
> ص ٤٥ ٢٨ ١٢٧ طول ص ع ٧٩٠ متراً
> ع ٣٠ ٣٢ ٨٨ طول ع ل ١٠٢٥ متراً
> ل ١٥ ١٣ ٧٧ طول ل س ١٣٦٥ متراً

وكان الإنحراف الدائري للضلع ص ع ٣٠ ٤٢ ٣٢١ . وإحداثيات

نقطة ع ٣١٦,٢٨ شمالاً ، ٥٤٨٤٠ غرباً.

والمطلوب رسم مضلع هذا الترافيرس بمقياس ١/٤٠٠٠ بكل من طريقتي الإحداثيات والمركبات.

٧ - أخذت الأرصاد الآتية لمضلع ترافيرس مقفل أ ب ج د هـ بالتبؤدوليت

فى إتجاه عقرب الساعة. فكانت زواياه وأطوال أضلاعه كما يأتى :

> أ ٠٠ ١٥ ١٠٢ طول أ ب ٦٧٢ متراً

> ب ٢٠ ٤٠ ١١١ طول ب ج ١٠٥٠ متراً

> ج ١٥ ٤٣ ١٢٣ طول ج د ٦٢٨ متراً

> د ٣٠ ٠٣ ٨٧ طول د هـ ١١٤٧ متراً

> هـ ٠٠ ٢٠ ١١٥ طول هـ أ ٨٣٥ متراً

وكان إنحراف هـ أ ٣٠' ٣٤' ٧٦' وإحداثيات نقطة جـ

١٠٣٨,٣٢ شمالاً ، ٦١٠,٠٠ شرقاً.

والمطلوب رسم مضلع هذا الترافيرس بمقياس ١/٥٠٠٠ بطريقة الإحداثيات

ثم بطريقة المركبات.

٨ - عند إجراء ترافيرس متصل ضد إتجاه عقرب الساعة ب س ص ع جـ يربط

على الضلعين أ ب ، جـ د وكلاهما من ترافيرس سابق مصصح وإحداثيات

هذين الضلعين كالآتى :

نقطة أ ٦٤٠,١١ ش ، ٨٠٧,٥٣ ق

نقطة ب ١٢٠٠,٠٠ ش ، ١٠٠٠,٠٠ ق

نقطة جـ ٥٢٤,٨٥ ش ، ١٤٠٧,٣٦ ق

نقطة د ٦٦,٢٦ ش ، ١٦٥١,٧١ ق

وقيست زوايا الترافيرس بالتبؤدوليت وأطوال أضلاعه فكانت كما يلى :

> ب	٠٠	٢٨	٢٧١	طول ب س	٣٤٦,٢١	متراً
> س	٤٥	٥٢	١١٦	طول س ص	٤٤٨,٦٢	متراً
> ص	١٥	٤٦	٩٣	طول ص ع	٥٠٢,٧٤	متراً
> ع	٠٠	١٠	١٧٦	طول ع جـ	٢٧٠,٨٦	متراً
> د	٤٥	٠٨	٢٣٧			

والمطلوب حساب المركبات الرأسية والأفقية لأضلاع هذا الترافيرس علماً بأن نسبة الخطأ المسموح بها للمركبات ١ : ٣٠٠٠ ، مع رسم الترافيرس بطريقة الإحداثيات بمقياس رسم مناسب.

٩ - إذا كانت المركبات الرأسية والأفقية لترافيرس مقفل ضد اتجاه عقرب الساعة أ ب جـ د هـ و هي :

الضلع	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
أ ب	+ ٥٢٢,١٤	+ ١٣٦,٨٧
ب جـ	+ ٧٥٣,١٦	- ٤٣٨,٥٠
جـ د	- ١١٨,٠٠	- ٦٢٥,٢٧
د هـ	- ٥٦٧,٦٢	- ٢٧٤,٢١
هـ و	- ٤٠٥,٠٨	+ ٣٢١,١٩
و أ	- ١٨٢,٤٣	+ ٨٨٣,٧٥

والمطلوب تصحيح هذه مركبات وحساب إحداثيات رؤوس أضلاعه، علماً أن إحداثيات نقطة د ٣٠٠ شمالاً، ٥٠٠ شرقاً.

١٠ - الأرصاد الآتية أخذت للأهداف أ ، ب ، جـ ، د ، هـ ، و المحيطة بنقطة س ، بجهاز التيودوليت، والمطلوب معرفة الزوايا بين هذه الأهداف بمقاسة من نقطة الرصد.

نقطة الإرتكاز	الهدف	الوضع متامن				الوضع متاسر			
		وزية (١)		وزية (٧)		وزية (١)		وزية (٧)	
س	أ	٤٥	٢٥	٠.٢	٢٥	٣٠	٢٥	٤٥	١٨٢
	ب	١٥	٢٨	٦٧	٤٥	٣٧	٢٨	٢٤٧	٢٤
	جـ	٠٠	٥٧	١٣٨	١٥	٥٧	٥٧	٣١٨	٠٠
	د	٣٠	٢٢	١٩٢	٤٥	٢٢	٢٢	١٢	٢٢
	هـ	٤٥	٤٤	٢٧٥	١٥	٤٥	٤٥	٩٥	٣٠
	و	١٥	٠٩	٣٢٤	٣٠	٠٩	٠٨	١٤٤	٠٠
	أ	١٥	٢٧	٠.٢	٤٥	٢٧	٢٧	١٨٢	١٥

وإذا كان إنحراف س أ الدائري ٢٠ ٠.٣ ٨٤ فما هي الانحرافات الدائرية لباقي الأهداف ؟

١١ - أ ب جـ د هـ توافيرس مقفل في إتجاه عقرب الساعة، إحداثيات رؤوسه كما يلي :

أ ١٠٥,٨٣ شمالاً ، ٥٢٨,٥٠ غـ

ب ٥٩٣,٧٤ شمالاً ، ٢١٤,٣٥ قـ

جـ ٢٢٢,١٦ شمالاً ، ٤٨٦,١٨ قـ

د ٨٣٠,٠٠ جنوباً ، ٧٤٢,١٥ قـ

هـ ٤٤٥,٥٠ جنوباً ، ٣٧٢,٤٩ غـ

والمطلوب حساب الإنحراف المختصر والدائري لكل ضلع من أضلاع هذا التوافيرس.

١٢ الجدول الآتي يبين المركبات الرأسية والأفقية لأصلاخ ترافيرس مقفل أ -

جد د هـ

المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	الضلع
٥٨٨,٥٠ +	٥٢٤,٢٨ -	أ ب
٢١٨,٤٤ -	٦٥٧,١٣ -	ب ج
٨٦٧,١٤ -	٢٢٤,٣٦ +	ج د
٣٢٠,٠٠ -	٧١٣,٢٨ +	د هـ
٩١٢,٦٣ +	٢٣١,٤٧ +	هـ أ

والمطلوب تصحيح المركبات ثم حساب إحداثيات رؤوس الترافيرس إذا كانت إحداثيات نقطة هـ ٨٢٥,٢٢ جنوباً ، ٤١٣,٢٧ شرقاً . ثم توقيع مصلع الترافيرس على لوحة بمقياس رسم مناسب بطريقة المركبات .

١٣ - إذا كانت إحداثيات أصلاخ ترافيرس متصل ببدأ من نقطة من ويشي بنقطة من كما يلي :

س ٦٢٧,١٨ ش ، ٢٥٣,٢٢ ق

أ ٣٥٨,٥٠ ش ، ٥٩٠,٣٤ ق

ب ٤٤٢,٣٦ ش ، ٣٠٨,٢٥ غ

ج صفر ش ، ٩٤٧,٨٢ غ

د ٨٥٤,٦ غ ، ٤٧٧,١٥ هـ

هـ ١٣٨,١٤ ج ، صفر ق

س ٦٤٥,٥٠ ج ، ٧٢٨,٤٣ ق

والمطلوب حساب الإحرفات المختصرة والدائرية لكل ضلع من أصلاخ هـ الترافيرس .

الفصل الثامن:

الميزانية

الميزانية Levelling من العمليات المساحية اللازمة والأساسية لكل المشروعات الهندسية إذ تظهر الحاجة إليها في أغراض كثيرة مثل إنشاء الطرق والجسور وتسوية وحصر الأراضي وشق وتطهير الترع والمصارف، بالإضافة إلى الإنشاءات المدنية المختلفة الأخرى مثل المباني والكبارى... الخ. كما تستخدم الميزانية في ردم المستنقعات وحساب كميات الحفر والردم اللازمة في المشروعات المختلفة، وتقدير كميات الخامات المعدنية وغير المعدنية الظاهرة على سطح الأرض كما تستخدم في شق الأنفاق. وتعتبر الميزانية من أهم العمليات اللازمة لإنشاء الخرائط الكتروية التي لا غنى للجغرافي عنها

وتستخدم الميزانية في قياس الارتفاع أو إنخفاض مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض بالنسبة لسطح ثابت يعرف بمستوى المقارنة Dutome Line وعادة ما يكون هذا المستوى هو متوسط منسوب مستوى سطح البحر (M.S.L) Mean Sea Level فجميع مناسيب النقط، لارتفاعاً أو إنخفاضاً، تكون منسوبة لهذا المستوى.

وتتخذ كل دولة مستوى مقارنة خاص بها، تنسب إليه الارتفاعات والإنخفاضات سطح الأرض داخل رقعة الدولة. ولتحديد متوسط منسوب مستوى سطح البحر أو تحديد مستوى الصفر في جمهورية مصر العربية، يوجد بهيئة الإسكندرية، بحر عميق متصل بالبحر تابع لمنطقة الموانئ والمناظر، مثبت على أحد جوانبه مقياس من الرخام مقسم إلى أمتار وستيمترات^(١) بحيث يمكن رصد أعلى وأدنى

(١) موضع القياس مهم جداً للحصول على المتوسط الحقيقي لمستوى سطح البحر. فلا يجب أن يوضع هذا القياس في بحر من البحر، حتى لا يتأثر المد والجزر بالظروف المحلية للشاطئ ولوقاية القياس يوضع في بحر عميق متصل بالبحر عن طريق نفق عميق في قاعه، حتى يمكن وقاية القياس من الأحوال الجوية السيئة وحتى يظل سطح المياه هادئاً وساكناً دون تيارات مما يمكن من قرءه القياس بدقة ويصغر القياس محدد بالنسبة لنقطة ثابتة على سطح الأرض (روبر).

للتحقق من ثبات القياس وعدم هبوطه

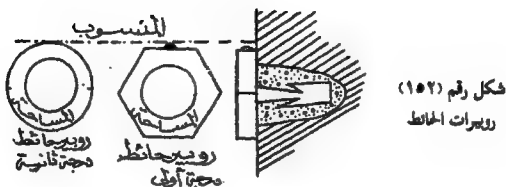
منسوب تصل إليه مياه سطح البحر نتيجة المد والجزر. وتسجل القراءات التي تصل إليها المياه لارتفاعاً أو انخفاضاً كل يوم في جهاز متصل بالبحر يسمى مارينوجراف. ويتم إستنتاج متوسط منسوب مستوى سطح البحر (أو نقطة الصفر) من حساب متوسط الارصاد التي يتم تسجيلها لفترة طويلة تستمر عدة سنوات. وعند هذا المتوسط حُفرت علامة على المقياس وأُعتبرت علامة الصفر بالنسبة للقطر المصري كله، وتنسب إليه كافة الارتفاعات والانخفاضات المختلفة لأي مكان في مصر.

ولما كان منسوب أى نقطة على سطح الأرض يساوى مقدار ارتفاعها أو انخفاضها عن مستوى منسوب سطح البحر (أى منسوب الصفر)، ويتحتم لايجاد هذا المنسوب أن نبدأ من مستوى المقارنة - أى من منسوب الصفر - وننتهى عند النقطة - أو المنطقة - المطلوب معرفة منسوبها، مهما كانت المسافة طويلة بينهما. لذا كان من الضروري تعيين نقط ثابتة معلومة المنسوب في أنحاء متفرقة من البلاد وعلى مسافات تختلف تبعاً لأهمية كل منطقة وهذه النقط الثابتة ذات المناسيب المعروفة تسمى علامات المنسوب. وقد قامت مصلحة المساحة المصرية، بإجراء ميزات دقيقة سلسلة في إتجاهات مختلفة تغطى سطح الاقليم المصري، الغرض منها تثبيت نقط ذات مناسيب معروفة بدقة حتى يمكن عند إجراء أى ميزانية في أى منطقة، البدء من هذه النقط ذات المنسوب المعروف. والاسم الشائع لهذه النقط الثابتة - الروبير (أو الروبيرات Bench Marks) وتقوم مصلحة المساحة بتحديد مواقع هذه النقط في مواضع يسهل الوصول إليها. وهذه الروبيرات موجودة على مسافات تتراوح بين ١، ٣ كيلو مترات، وقد تقل المسافة أو تزيد عن هذا المعدل تبعاً لأهمية المنطقة كما سبقت الإشارة.

أنواع الروبيرات:

(١) روبير الحائط:

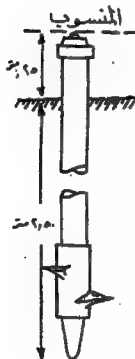
وهو نوعان: روبير الدرجة الأولى، وهو عبارة عن أسطوانة مسددة من الحديد يثبت في حوائط المباني والقناطر والسدود والكبارى بواسطة خابور من الحديد ومثبت بالأسمنت في الحائط. وفي أعلى الأسطوانة المسددة بروز من النحاس قمته تمثل منسوب الروبير ويكتب عليه من الأمام رقمه انظر شكل رقم (١٥٢).



وهذا النوع يثبت في المباني الثابتة، غير المعرضة للهبوط، وغالباً ما تكون من المباني الحكومية وعلى القناطر والكبارى.

أما روبرات الدرجة الثانية، من حيث دقة الميزانية التي أجريت لتحديد مناسبتها، أو إذا كانت المباني فيها يحتمل تعرضها للإزالة أو الهبوط، فهي عبارة عن إسطوانات من الحديد رأسها مستدير ومثبتة في المباني بالطريقة السابق ذكرها، وسطحها الأعلى هو منسوب الروبر شكل رقم (١٥٢).

٢- الروبيرات الأرضية:



وهي عبارة عن ماسورة من الحديد طولها ٢,٧٥ متر وقطرها ٦ سنتيمترات، ويبقى بارزاً منها فوق سطح الأرض حوالي ٢٥ - ٣٠ سم وبأعلاها بروز قمته هو منسوب الروبر. ويوجد بأسفل الماسورة بريمه لتثبيتها في الأرض ولعدم سهولة نزعها، شكل رقم (١٥٣).
ويستخدم هذا النوع لبيان روبرات الدرجة الأولى والثانية على السواء في حالة عدم وجود مباني قوية أو دائمة، فتغرس في الأرض. وتثبت عادة على جوانات الترع والمصارف والطرق الزراعية ويجوار السكك الحديدية أو في المناطق الصحراوية أو الجبلية، وحيث يلزم وجودها.

شكل رقم (١٥٣) روبر أرضي

الاستدلال على مكان الروبير فى المنطقة:

لكل روبير رقم مسلسل فى سجل خاص محفوظ بهيئة المساحة المصرية وفروعها بالمحافظات، وهذا السجل عبارة عن كتيبات لكل منطقة من مناطق مصر، يشمل فى مقدمته خريطة بمقياس ٢٥٠٠٠/١ أو عدة خرائط تبعاً لمساحة المنطقة - مبين عليها مواقع الروبيرات المنتشرة بالمنطقة وأرقامها بالمداد الأحمر. ثم يبين بفهرس لمناطق المدينة (إذا كان الكتيب خاصاً بمدينة من مدن جمهورية مصر) أو بيان بالترع والمصارف أو السكك الحديدية أو الطرق الزراعية التى وضعت عليها الروبيرات. يلى ذلك صفحات مدون فيها أرقام الروبيرات تبعاً لتسلسلها ووصف كامل لمكانها بدقة وكذلك منسوبها.

والروبيرات الموجودة على هذه الخرائط، إما روبيرات الدرجة الأولى، والتى تعتبر أساساً لجميع المشروعات، ويمرر لها بالحرف «أ» للدلالة على أن الروبير قد تم تثبيته بواسطة ميزانية دقيقة. أو روبيرات من الدرجة الثانية. رتبى وأن كانت أقل دقة من الأولى إلا أن جميع خطوطها تبدأ من روبيرات الدرجة الأولى وتنتهى إلى روبيرات درجة أولى أيضاً للتأكد من صحة مناسبتها.

فعند القيام بإجراء ميزانية فى منطقة ماء، وترغب فى معرفة موقع أقرب الروبيرات لهذه المنطقة نأتى أولاً بخريطة للمنطقة من هيئة المساحة خاصة بالروبيرات الموجودة فى المنطقة ومبين عليها أماكنها وأرقامها ونختار أقرب الروبيرات للمنطقة ونأخذ رقمه. ثم نبحث فى دفتر سجل الروبيرات عن رقم هذا الروبير الذى اخترناه، ومنه نستطيع معرفة هذا الروبير وموضوعه بكل تفصيل ودقة، وكذلك منسوبه عن متوسط مستوى سطح البحر. وفيما يلى أمثلة لبعض الروبيرات أخذت من دفتر سجل الروبيرات الخاص بمدينة الاسكندرية.

رقم الزئير	الموقع والوصف	النسب بالمتر
٢١٩	زئير مثبت في الزاوية الشمالية الغربية لبناء مدفن الطائفة الاسرائيلية رقم ٢ بشارع الاسكندر الأكبر عند تقاطعه بشارع عبد الرحمن رشدي أمام محطة ترام الخياطى الغربية.	٧,٢١٩
٢٢٠	زئير مثبت على مسافة مترين شرقى الزاوية الشمالية الغربية لسور نادى ملعب كرة قدم الواقع بشارع الاسكندر الأكبر عند تقاطعه بشارع الخياطون غرب محطة ترام الخياطى بمسافة ٢٥ متراً تقريباً.	٩,٤٥٣
٢٣٤	زئير مثبت في الزاوية الجنوبية الغربية للمنتزل رقم ٣١ - الواقع بطريق الحرية عند تقاطعه بشارع مارك أبول أمام المستشفى اليوناني (مستشفى جمال عبد الناصر حالياً).	١٣,٨٢٩
٢٣٥	زئير مثبت في الزاوية الجنوبية الغربية لبناء نقطة بوليس الابراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقاطعه بشارع الأمير محمد على إبراهيم	٤,٣٦٥

الأجهزة المستخدمة في الميزانية:

(١) القائمة Staff:

عبارة عن مسطرة من الخشب المثين، طولها المعتاد أربعة أمتار، وإن كان هناك بعض الأنواع يتراوح طولها بين ٣، ٥ أمتار. ويوجد بطرفي القائمة غطاء من الحديد السميك لحفظها حتى لا يتآكل الخشب نتيجة للاستعمال أو احتكاكه بالأرض. والقائمة مغطاة بطبقة سميكة من الطلاء الأبيض من الأمام والرامدى أو الأسود من الخلف لحفظها من العوامل الجوية. ووجه القائمة مقسم إلى أمتار وديسيمترات وستيمترات. فهي مقسمة إلى أربعة أقسام رئيسية طول كل منها متر، وهناك علامات على شكل مثلث أحمر لتوضيح هذه الأقسام الرئيسية. وكل متر مقسم بدوره إلى ديسيمترات ويحدده خط رفيع أسود. وترقم أقسام

الدهيمترات فى كل متر يبدأ من الصفر وحتى الرقم تسعة باللون الأسود وبحجم واحد، عددا الأرقام التى تمثل الأرقام الكاملة فهى تكتب أسفل الثلث واللون الأحمر حتى يسهل تمييزها. وفى بعض أنواع القمامات يكتب بدلاً من الرقم 5 حرف «V» وبدلاً من الرقم 9 حرف «N»، ذلك لمنع الالتباس فى قراءة الأرقام 9,6,5,3.

وتقسم الدهيمترات بدورها إلى ستيمترات. وهى عبارة عن مستطيلات متباعدة من اللونين الأبيض والأسود (أو الأبيض والأحمر)، عرض كل مستطيل ستيمتر واحد. وهذه المستطيلات تتبادل مواقعها كل خمسة ستيمترات على يمين ويسار وجه القامة ليسهل تحديد عدد الستيمترات. وتكرر التقسيم بنفس هذا النظام فى كل متر.

ويتم ترقيم الدهيمترات فى كل متر كما هى الحال فى المتر الأول. ويوضع تحت (أو فوق) أرقام الدهيمترات فى المتر الثانى نقطة سوداء (أو حمراء) لتدل على أن قراءة القامة هى متر كامل وجزء من المتر الثانى. ويضاف فى المتر الثالث نقطتين وفى المتر الرابع ثلاث نقاط بنفس الطريقة.

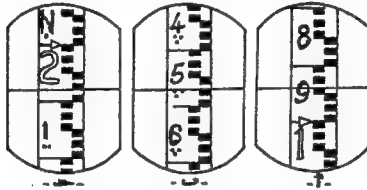
ولما كانت القامة توضع عند إجراء الميزانية، بحيث يكون صفر تدريجها على النقطة المطلوب لإيجاد منسوبها، وبما أن الصورة تظهر فى منظار الميزان مقلوبة، فإننا نرى فى المنظار صورة القامة مقلوبة. ولهذا السبب كتبت الأرقام على القامة بالمقلوب، لتظهر معتدلة فى المنظار حتى يسهل قراءتها. ونتيجة لذلك نلاحظ أن القراءات على القامة تتزايد (فى المنظار) من أعلى إلى أسفل، بعكس ما هى عليه فى الطبيعة، إذ أنها تتزايد فى الواقع من أسفل إلى أعلى.

لذلك يجب على الراصد أن يتأكد دائماً من أن القراءة تتزايد إلى أسفل، إذ أن كثيراً ما يسهو على حامل القامة ويضع صفر القامة إلى أعلى. كما ينبغى على الراصد أن يدرس طريقة وكيفية تدريج القامة قبل القيام بالعمل.

تعيين القراءة على القامة:

لقراءة القامة، نرصد تقاطع الشعرة الأفقية الوسطى الرئيسية بالمنظار مع تدريج القامة (بعد ضبط الميزان أفقياً) فيعطينا هذا التقاطع القراءة مباشرة فيكون عدد

النقط مساوياً لعدد الأمتار. والرقم الصحيح للديسيمتر الذى تمر به الشعرة الوسطى يدل على عشرات السنتيمترات ثم تبدأ فى عد المستطيلات المتبادلة من الأبيض والأسود، تبدأ من الحظ الفاصل المحدد للديسيمترات والذى يقع فوق الشعرة الوسطى داخل المنظار مباشرة، فتحصل على أحاد السنتيمترات. والشكل رقم (١٥٤) يوضح بعض القراءات على القامة كما تظهر فى منظار الميزان.



شكل رقم (١٥٤) بعض القراءات على القامة

٠.٩٤ متر ب ٣.٥٧ متر ج ٢.٠٨ متر

ملاحظة: الأسهم والأرقام المفرغة باللون الأحمر

القراءة (أ):

نلاحظ أن الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر التاسع عند حافة السنتيمتر الرابع. وحيث أنه لا توجد أى نقطة تحت الرقم ٩، فمضى ذلك أن المسافة من صفر القامة حتى هذا الديسيمتر لم تكمل متراً. وعلى ذلك يوضع صفر فى خانة الأمتار ثم العلامة العشرية ويكون الرقم العشرى الأول بعد العلامة هو ٠.٩ متر. وبملاحظة عدد السنتيمترات نجد أنها ٤ سم وتكون العدد العشرى الثانى وتصحيح القراءة الكاملة ٠.٩٤ متراً.

القراءة (ب):

نجد أن الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر المرقوم ٥ وتحت ثلاث غط أى أن هذا الديسيمتر بعد ثلاثة أمتار كاملة من صفر القامة. أى أن قراءة الأمتار فى هذه

الحالة ٣، ثم توضع العلامة العشرية، يليها الرقم ٥ مباشرة، وعند عد المستطيلات المتبادلة نجد أنها ٧، أى أن القراءة الكاملة ٣,٥٧ متراً.

القراءة (جـ)

تقع الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر المرقوم ٢ باللون الأحمر وبالحجم الكبير، وهذا الديسيمتر يقابل الصفر فى المتر الثالث. ويكون الرقم الأول من القراءة هو ٢ متر، يليه العلامة العشرية ثم الرقم العشرى الأول صفر. وحيث أن عدد المستطيلات المتبادلة ٨، وهى تمثل عدد الستيمترات، فتكتب فى خانة الرقم العشرى الثانى. وتصبح القراءة الكاملة ٢,٠٨ متراً. ومن الجدير بالذكر أن هناك أنواع من القامات مبنى عليها التدرج بطرق أخرى غير ما سبق شرحه، وقد يكون التدرج معتدلاً إذا كانت الأجهزة المستخدمة معها مزودة بعدسات تبين الصورة معتدلة، وفى هذه الحالة تتزايد القراءات من أسفل إلى أعلى، للملك يجب التأكد من أن القامة المستخدمة مناسبة للجهاز المستعمل.

أنواع القامات :

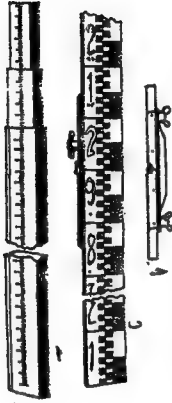
١- القامة المطوية Folding Staff

وتسمى بالقامة الفرنسية فى بعض الأحيان وهى عبارة عن قطعتين من الخشب طول كل منهما ٢ متر. وتتصلان ببعضهما بمفصلة، ويطوى كل منهما على الآخر، وعند إستعمالها تفرد القامة ويثبت النصفان فى إستقامة واحدة بواسطة مشبث حديدى فى ظهر القامة به مسمار يورغى (قلاووظ) وصامولة لربط الجزئين شكل رقم (١٥٥ - ب، جـ).

٢- القامة التلسكوبية Telescopic Staff

وتسمى بالقامة الانجليزية أو القامة المتداخلة. وهى مكونة من ثلاثة أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها. وعند فرد القامة يتركز كل جزء على الجزء الداخلى فيه بواسطة زنبرك (سوستة). وتدرج كل جزء متسلسل مع تقسيم الجزء الذى أسفله. وميزة هذه القامة هو صغر طولها عند عدم الاستخدام نتيجة لتداخل أجزائها فى بعضها، بالإضافة إلى ضمان عدم وجود ميل فى جزء من أجزاء القامة شكل رقم (١٥٥ - أ).

٣- القامة المنزلة :



وتتكون من جزئين منفصلين أحدهما ينزلق وراء الآخر في مجرى صغير من الحديد . وميزتها أنها سهلة الاستعمال خاصة عندما تكون الأحوال الجوية سيئة، لأنها بطبيعة تركيبها لا تحتاج لفردتها كلها. بل يستعمل وجهها الخارجى وهو المرقوم من صفر إلى ٢,٠٠ متر. وذلك إذا كانت القراءات على خط نظر الميزان لا تتجاوز المترين، وعيوبها أنها عرضة عند فردها لعدم استمرار أقسامها فتتداخل بعض السمتحات من الجزء الخلفى وراء الجزء الأمامى. فإذا وقعت القراءات فى الجزء الثانى من القامة والذى يبدأ من ٢,٠٠ متر، فإنها تكون خاطئة وتعطى مناسب أقل من الحقيقة لأن الطول الفعلى أقل من الطول الناجى بسبب تداخل الجزئين.

شكل رقم (١٥٥)

(كتب الأرقام معتدلة فى الشكل)

معايرة القامة:

بالرغم من بساطة اجراء هذه العملية، فإن كثيراً من المساحين يهملون ذلك، ويتسبب عنه أخطاء فى الميزانية. إذ يجب على المساح اختبار تدريج القامة من آن لآخر ومقارنتها بشرط جيد من الصلب.

ملحقات القامة:

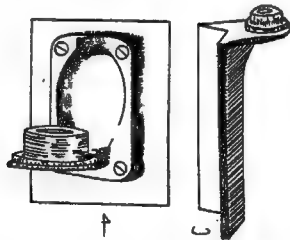
(أ) ميزان التسوية:

يثبت عادة خلف القامة أو على جانبها ميزان مياه دائرى صغير، للاستفادة منه فيجعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل. إذ أن ميل القامة عن المستوى الرأسى يجعل القراءات الموصودة أكبر من الحقيقة.

والشكل رقم (١٥٦) يبين ميزان تسوية يوضع خلف القامة (أ) وميزان تسوية يوضع على جانب القامة (ب).

(ب) القاعدة الحديدية:

وهى مثثلة الشكل، بكل رأس من رؤوسها قائم عمودى مدبب، وفى وسطها بروز على شكل دائرة، أعلى بقليل من سطح القاعدة. وهناك نواع أخرى مختلفة الأشكال كما هو موضح بالشكل رقم (١٥٧). والفرض من القاعدة الحديدية، وهو وضع القامة عليها فى النقط الهامة خاصة نقط الدوران (كما سيأتى فيما بعد) وكذلك يمكن إستخدامها عند العمل فى الأرضى الرخوة أو الترابية، حيث توضع القامة على القاعدة الحديدية حتى لا تنغرس فى الأرض فتعطى منسوباً للنقطة الموجودة عليها - أقل من حقيقته.



شكل رقم (١٥٦) موازين التسوية الخاصة بالقامة شكل رقم (١٥٧) بعض أنواع قواعد القامة

٢- الميزان Level :

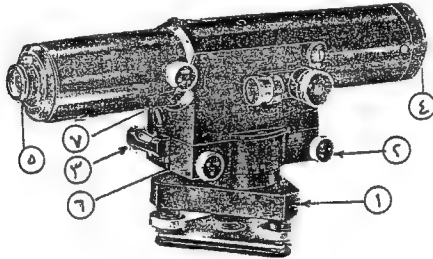
هو آلة هندسية الغرض منها الحصول على خط نظر أفقى يوازى متوسط منسوب مستوى سطح البحر وجميع الموازين مبنية على فكرة أنه إذا ثبتنا ميزاناً تسوية على منظار، وضبطنا الفقاعة، فإن محور خط النظر لهذا المنظار يصبح أفقياً، ويحقق المنظار مستوى أفقياً يدورانه حول محوره الرأسى.

وتنقسم الموازين التى تستعمل فى إجراء الميزانية - تبعاً لتصميمها إلى نوعين

رئيسيين:

(١) موازين طراز كوك: Cook's Levels

ويعتمد تصميمها على إمكان عكس المنظار. وقد قل إستخدام هذا النوع فى الوقت الحاضر بسبب ظهور الأنواع الأحدث.



شكل رقم (١٥٨) ميزان طراز كوك

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| ١- قاعدة الميزان | ٥- العدسة |
| ٢- مسمار ربط دوران المنظار السريع. | ٦- مسمار الضبط الدقيق لأفقية المنظار. |
| ٣- ميزان تسوية طولى لضبط القاعدة | ٧- مسمار تطبيق الصورة. |
| ٤- العدسة الخلفية. | |

والشكل رقم (١٥٨) يوضح ميزان كوك ويتحرك من منظار تلسكوبى مركب فى داخل إسطوانة نحاسية لها طوقان، حيث يمكن سحب المنظار منها وتركيبه فيها بالعكس. ويتراوح طول أنبوبة المنظار مابين ١٠، ١٦ بوصة. وهذه الأسطوانة مركبة على قاعدة بها مسامير تسوية لضبط أفقيتها. وفوق الأسطوانة ميزان تسوية طولى، له مسمار خاص مركب أسفل الاسطوانة لضبط أفقية الاسطوانة وبالتالي ضبط أفقية محور المنظار ضبطاً دقيقاً. ويوجد بقاعدة الجهاز بوصلة دائرية منشورية ومركب على الابهة المغناطيسية إطار معدنى مدرج لبيان انحراف خط النظر عن الشمال المغناطيسى.

(٢) موازين طراز دمبى: Dumpy Levels

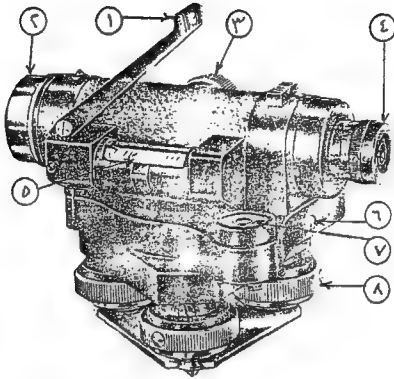
وهى من الأنواع الحديثة الشائعة الاستعمال حالياً. ويعتمد تصميمها على أن منظار الميزان غير قابل للعكس، كما يمتاز هذا النوع بأن أسطوانة المنظار تتصل معدنياً بالمحور الرأسى وعمودية عليه (كتلة واحدة)، الأمر الذى يجعلها لا تتأثر بكثرة إستعمال الجهاز. بعكس ميزان كوك الذى يتصل فيه محور المنظار الرأسى بالقاعدة بواسطة صامولة يمكن أن تتحرك مما يجعله عرضة للخطأ. ويتكون الميزان من الأجزاء الآتية: انظر شكل رقم (١٥٩).

١- منظار تلسكوبى لتوضيح رؤية النقاط البعيدة، وله مسمار لوقف حركته الدائرية الأفقية السريعة، ومسمار آخر لضبط حركته البطيئة حتى تطبق الشعرة الرأسية فى حامل الشعرات على منتصف تدرج القامة (بالطول). والمنظار مزود بعدسة داخلية ولها مسمار يسمى مسمار تطبيق الصورة، لتوضيح صورة القامة وتطبيقها على حامل الشعرات.

٢- فى داخل المنظار، قر. العدسة العينية يوجد حامل الشعرات، وهو عبارة عن لوح زجاجى محفور عليه خطين أحدهما أفقى والثانى رأسى عمودى عليه، ويتقاطعان فى نقطة يمر بها محور خط النظر.

٣- قاعدة الجهاز، وبها مسامير تسوية، وميزان تسوية دائرى لضبط أفقية الجهاز عموماً، يتبع فى ضبط الأفقية الطريقة التى سبق شرحها^(١) ويتركب الجهاز

(١) راجع صفحة ٢٢٠-٢٢١.



شكل رقم (١٥٩) ميزان المساحة صناعة زايس جينا Jena

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| ١- غطاء ميزان الصورة بداخله مرآة | ٥- ميزان تسوية طولي |
| ٢- العدسة الشيعة | ٦- مسمار ربط حركة المنظار البطوع |
| ٣- مسمار تطبيق الصورة | ٧- ميزان تسوية دائري |
| ٤- العدسة العينية | ٨- مسامير التسوية |

على حامل له ثلاث شعب مدنية لتثبيتها جيداً في الأرض أثناء العمل.

٤- ميزان تسوية داخلي لضبط أفقية خط النظر بدقة. وهذا الميزان محفوظ داخل علبة معدنية حتى لا يتعرض للتأثيرات الجوية والشمس والرطوبة والتي تؤثر تأليزاً بالغاً على حساسية الفقاعة. وهذه العلبة لها غطاء بداخله مرآة لا مكان رؤية الفقاعة أثناء الرصد بانعكاس صورتها للعين بدون أن يتحرك الراصد.

كما أن هذه الفقاعة تنعكس إلى عين الراصد- في بعض الموازين - في منظار جانبي بجوار العدسة العينية، بواسطة عدة منشورات زجاجية أو مرابا. وتظهر الفقاعة منقسمة إلى قسمين، كل قسم فيها عبارة عن ربع الفقاعة متبادل مع الربع الآخر. فإذا لم يكن المنظار أفقياً تماماً، فالتناظر نلاحظ أن المسافة بين هذين الربعين كبيراً، وتقل هذه المسافة حتى تتلاشى في حالة ضبط الأفقية تماماً والشكل رقم (١٦٠) يوضح ميزان التسوية الداخلى قبل وبعد ضبط أفقيته، كما يبين الشكل رقم (١٦٠) إنعكاسات طرفى الفقاعة بواسطة مجموعة من المرابا.

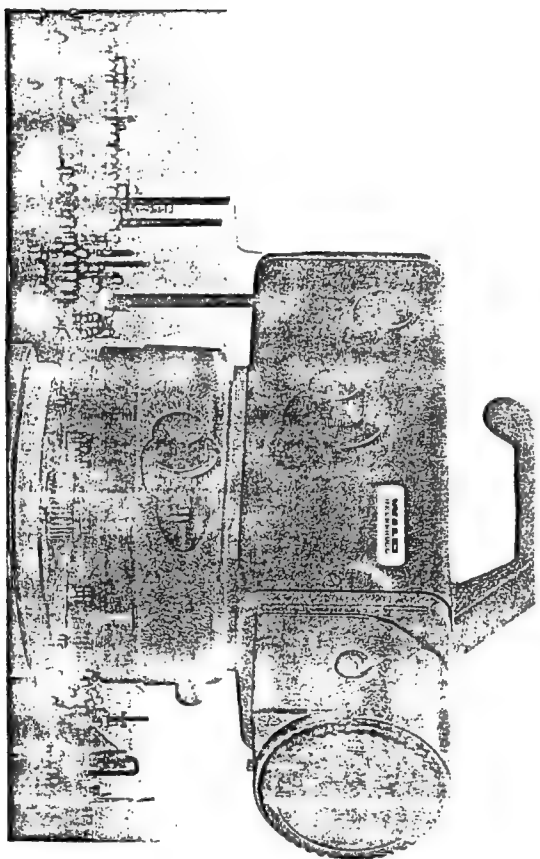
وهناك مسمار خاص لضبط أفقية ميزان التسوية الداخلى، مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه «الميكرومتر» يستعمل لضبط أفقية الفقاعة عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة. لأنه لو أستخدمت مسامير التسوية الموجودة في القاعدة فإن المستوى الأفقى السابق ضبطه سيتغير لارتفاعاً أو هبوطاً، مما يسبب أخطاء كبيرة في مناسيب النقط.

وفي بعض الأنواع الحديثة، تظهر الفقاعة في داخل المنظار الرئيسى في الجزء السفلى منه، حتى يلاحظها الراصد أثناء رصد لقراءة القامة، إذ أن بعض الراصدين قد يسهو عليهم النظر في المنظار الجانبي لملاحظة ميزان التسوية الداخلى والتأكد من أفقيته...

٥- ومعظم الموازين الحديثة مثبت في قاعدتها قرص أفقى به تدرج له منظار خاص وذلك لمعرفة زاوية إجتاه خط النظر عن الاتجاه الأساسى، خاصة أثناء إجراء الميزانيات الشكية (كما سيأتى فيما بعد).



شكل رقم (١٦٠) انعكاسات الفقاعة داخل المنظار - صورة الفقاعة

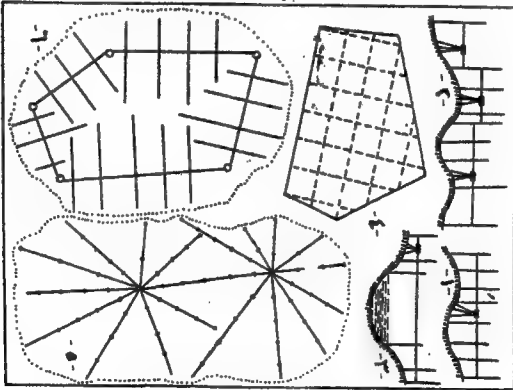


أنواع الميزانية

تنقسم الميزانية من حيث الغرض الذى تستخدم من أجله، ومن حيث طريقة إجرائها إلى الأنواع الآتية: كما فى الشكل رقم (١٦١).

(١) الميزانية الطولية:

وتجرى فى الاتجاه الطولى للمشروع مثل محاور الطرق والترع والمصارف، لتعيين مناسب نقطها المختلفة. ويعرف الشكل الذى يبين مناسب هذه النقاط بالقطاع الطولى، وعن طريقها يمكن رسم القطاعات الطولية للطرق والجارى المائية وقبعان الأودية لمعرفة شكل إتحدارها. وأحياناً قد يكون هذا القطاع طويلاً، مما يضطر المساح إلى نقل جهاز الميزان أكثر من مرة على طول القطاع، فتسمى بالميزانية المسلسلة Series Levelling حتى يسهل رصد القامة وقراءتها بوضوح، كذلك عند وجود موانع تحجب الرؤية من وضع واحد للميزان أو وجود فروق كبيرة فى مناسب النقاط. إذا لم ينقل الجهاز من موضعه، وتمت عملية الميزانية من أول القطاع لآخره من هنا الوضع للجهاز، تسمى بالميزانية الطولية البسيطة.



شكل رقم (١٦١) أنواع الميزانية

(٢) الميزانية العرضية:

وتجرى فى الاتجاه العرضى للترع والمصارف والأنهار والأودية والطرق السريعة المرصعة. ويعرف الشكل الذى يبين مناسيب نقطتها بالقطاع العرضى. وأغلب هذا النوع من الميزانية بسيط، أى يتم من وضع واحد للجهاز المستخدم فى الميزانية وعن طريقها يتبين شكل جوانب الأودية ومدى إتساع قيعانها.

(٣) الميزانية الشبكية:

وتجرى فى الاتجاهات الطولية والعرضية معاً، لتحديد وإظهار شكل سطح المنطقة المرفوعة وعمل خريطة كتشورية لها، بمعلومية مناسيب النقاط المنتشرة على هذا السطح.

وفى هذا النوع من الميزانية يتم العمل بعدة طرق مختلفة نذكر منها:

(أ) تقسيم المنطقة إلى مربعات متساوية الأضلاع أو مستطيلات، ثم تجرى الميزانية لإيجاد مناسيب هذه النقاط الموجودة فى أركان المربعات أو المستطيلات.

(ب) اختيار نقطة مركزية - أو أكثر من نقطة إذا لزم الأمر - داخل المنطقة، وعمل أشعة منها فى اتجاهات مختلفة تغطى المنطقة المطلوب رفعها. ويثبت الميزان فى هذه النقطة - أو النقاط - وترصد قراءات القامة عند التغير فى المنسوب على كل اتجاه من هذه الأشعة.

(ج) إذا كانت المنطقة المطلوب إنشاء خريطة كتشورية لها محددة بترافيرس، فيمكن إقامة خطوط متعامدة على أضلاع الترافيرس، وترصد قراءات القامة عند نقط التغير فى المناسيب أو الانحدار على هذه الأعمدة أو ترصد قراءاتها على مسافات منتظمة ومتساوية.

ونظراً لأهمية الميزانية الشبكية فقد أفردنا لها دراسة مستقلة.

طريقة إجراء الميزانية:

نفرض أننا نريد لإيجاد مناسيب النقاط ١، ٢، ٣، ٤، ٥، الواقعة على محور طريق. والمعلوم لدينا منسوب نقطة أ، حيث أنها روبر منسوبة ١٠،٥٠ أمتار فوق مستوى سطح البحر. نجرى الآتى:

١ - نكون جدولاً به الخانات الآتية كمايلي :

ملاحظات	المسافة	النقطة	النسوب	قراءات القامة		
				مقدمة	متوسطة	مؤخرة

القراءة المؤخرة Back Sight هي أول قراءة تؤخذ بالميزان بعد اعداده للمعمل على نقطة معروف منسوبها (أو روبر). .

والقراءة المقدمة Fore Sight هي آخر قراءة تؤخذ قبل رفع الميزان مباشرة. أما المتوسطات فهي القراءات التي تؤخذ على نقط بين المؤخرة والمقدمة أثناء المحل بالميزان.

٢- نضع الميزان في أى مكان مناسب (ولكن نقطة س) بحيث نرى أكبر عدد ممكن من النقط المطلوب إيجاد منسوبها ونضبط أقيته تماماً.

٣- نضع القامة فوق الروبر عند نقطة أ. ونوجه إليها منظار الميزان، ونقرأ تدريج القامة الذى تميزه الشعرة الأفقية الوسطى فى المنظار ولكن ٨٠. متراً نضع هذه القراءة أمام نقطة أ فى خانة المؤخرات. ويكتب أمام هذه النقطة فى خانة الملاحظات، أنها نقطة روبر منسوبة ١٠.٥٠ أمتار. كما نسجل منسوب هذه النقطة فى خانة النسوب. وحيث أنها أول نقطة فى الميزانية يدون فى خانة المسافة صفر.

٤- توجه المنظار ناحية النقطة رقم ١، حيث توضع القامة فوقها. ونقرأ تدريج القامة عند الشعرة الأفقية، ولكن ٢.١٠ متراً. ثم ننقل القامة إلى النقطة رقم ٢، ونقرأ تدريج القامة، وليكن ١.٥٠ متر. وحيث أن الجهاز لم يزل من مكانه فالتنا نضع هاتين القراءتين فى خانة المتوسطات، أمام كل من النقطتين

٢، ١ على الترتيب. نقيس المسافة بين نقطة أ، وكل من النقطتين ٢، ١ ونضع الطول المقاس فى خانة المسافة أمام كل منهما.

٥- نضع القامة على النقطة رقم ٣ ونوجه إليها منظار الميزان ونقرأ تدريج القامة وليكن ٥٠، ٥٠ متر. ونظراً لأننا لم تتمكن من رؤية باقى النقط، فإننا نثبت القامة فى موضعها على هذه النقطة دون أن تتحرك، وننتقل بالميزان إلى موضع جديد يسمح برؤية باقى النقط (وليكن فى المكان ص). ونعتبر القراءة السابق رصدها والجهاز فى الموضع (س) مقدمة، حيث أنها كانت آخر قراءة للميزان فى وضعه السابق ونسجلها فى خانة المقدمات أمام النقطة رقم ٣. ونكتب فى خانة الملاحظات أنها محور دوران للجهاز. ونقيس المسافة بين نقطة أ والنقطة رقم ٣ وندونها فى خانة المسافة.

٦- بعد انتقالنا بالميزان إلى الموضع (ص) وبعد ضبط أفقيته، نوجه المنظار إلى القامة التى ما تزال موجودة فوق النقطة رقم ٣. نقرأ تدريج القامة الجديد وليكن ٣٠، ٤٠ أمتار. ونعتبر هذه القراءة مؤخرة لأنها أول قراءة فى هذا الموضع الجديد للميزان، وتوضع أمام النقطة رقم ٣ فى خانة المؤخرات. أى أن النقطة رقم ٣ وهى تمثل محوراً لدوران الميزان، يوجد أمامها قراءتان للقامة:

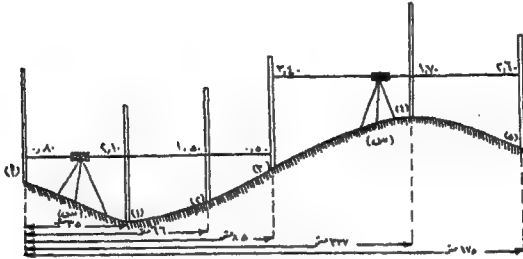
الأولى: مقدمة أخذت فى الوضع السابق للميزان

الثانية: مؤخرة أخذت فى الوضع الجديد للميزان.

٧- نوجه منظار الميزان إلى النقطة رقم ٤ ونقرأ تدريج القامة عندها، وليكن ١٠، ٧٠ متر. ونعتبر هذه القراءة متوسطة، حيث أن الجهاز لم ينتقل بعد من مكانه. نسجل هذه القراءة فى الجدول فى خانة المتوسطات أمام هذه النقطة. نقيس المسافة بين أ والنقطة رقم ٤ ونسجلها فى خانة المسافة.

٨- نوجه المنظار إلى النقطة الأخيرة فى الميزانية - رقم ٥ - ونقرأ تدريج القامة عندها وليكن ٢٠، ٦٠ متر. ونسجل هذه القراءة فى خانة المقدمات أمام هذه النقطة حيث أنها آخر نقطة لهذا الوضع للميزان، كما أنها آخر نقطة فى الميزانية. ونقيس المسافة بين أ والنقطة رقم ٥ ونسجلها فى خانة المسافة. والشكل رقم (١٦٢) يوضح كروكى لهذه الميزانية، موضح فيه أماكن النقط

وفوقها القامة وموضع الميزان فى المكانين «س» و«ص» وخط النظر أو مستوى سطح الميزان فى كل منهما.



شكل رقم (١٦٢) كروكى الميزانية يوضح أوضاع الميزان

٩- وبذلك يتكون لدينا الجدول التالى:

ملاحظات	المسافة بالمتر	النقطة	المسوب	قراءات القامة		
				مقلمة	موسطة	مؤخرة
دور رقم ... منوبة ١٠,٥٠ م	صفر	١	١٠,٥٠			٠,٨٠
	٣٥	١			٢,١٠	
	٦٦	٢			١,٥٠	
محور دوران للميزان	٨٥	٣		٠,٥٠		٣,٤٠
	١٣٧	٤			١,٧٠	
نهاية الميزانية	١٧٥	٥		٢,٦٠		

طرق حساب المناسيب

١- طريقة الارتفاع والانخفاض:

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة كل نقطة بالنقطة السابقة لها، ومعرفة ما إذا كانت مرتفعة أو منخفضة عنها. وتعتمد هذه المقارنة على أنه كلما ازدادت قراءة

القامة كلما حل ذلك على إنخفاض النقطة المقارنة عن النقطة السابقة لها والعكس كلما قلت قراءة القامة كلما حل ذلك على ارتفاع النقطة المقارنة.

وفي المثال السابق الذي إنتهى بجدول الميزانية، تضيف على الجدول خاتمتين هما: الارتفاع Rise والانخفاض Fall. ثم تبدأ في حساب مناسيب النقط كما يلي:

١- لما كانت قراءة القامة عند نقطة (أ) وهي مؤخرة = ٠,٨٠ متر، بينما كانت قراءتها عند النقطة (١) = ٢,١٠ متر، معنى ذلك أن النقطة (١) تنخفض عن (أ) بمقدار الفرق بين القراءتين $٠,٨٠ - ٢,١٠ = ١,٣٠$ متر. يدون هذا الفرق في خانة الإنخفاض أمام النقطة (١). وحيث أن منسوب النقطة (١) ينخفض عن (أ) بمقدار ١,٣٠ متراً، يطرح هذا المقدار من منسوب (أ) فينتج منسوب النقطة (١) ويدون في خانة المنسوب أمامها $١٠,٥٠٠ - ١,٣٠ = ٩,٢٠$ متراً.

٢- بمقارنة قراءة القامة عند النقطة (٢) بقراءتها عند (١) نجد أنها أقل ومعنى ذلك أن النقطة (٢) ترتفع عن (١) بمقدار الفرق بين القراءتين $٢,١٠ - ١,٥٠ = ٠,٦٠$ متر) ويدون هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (٢)، أى أن منسوب هذه النقطة أعلى من منسوب النقطة السابقة لها (١) بمقدار ٠,٦٠ متر.

∴ منسوب النقطة رقم (٢) $= ٠,٦٠ + ٩,٢٠ = ٩,٨٠$ أمتار.

٣- لمعرفة منسوب النقطة رقم (٣). من الخطأ مقارنة قراءة المقدمة بقراءة المؤخرة. إذ أن هاتين القراءتين مأخوذتين والقامة فوق نقطة واحدة رقم (٣)، ولم يرصدنا والميزان في وضع واحد. فالقراءة المدونة في خانة المقدمات تعتبر آخر قراءة للميزان وهو في وضعه الأول (س)، بينما القراءة المدونة في خانة المؤخرات، أول قراءة والميزان في وضعه الجديد (ص).

وعلى ذلك نقارن قراءة المقدمة (٠,٥٠ متر) بقراءة القامة عند النقطة السابقة (٢) (١,٥٠ متر). فنلاحظ أن النقطة (٣) ترتفع عن النقطة (٢) بمقدار $١,٥٠ - ٠,٥٠ = ١,٠٠$ متر. يذكر هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (٣)، ويكون منسوبها $٩,٨٠ + ١,٠٠ = ١٠,٨٠$ أمتار.

٤- ولايجاد منسوب النقطة (٤) نقارن قراءة القامة عندها (١,٧٠ متر) بقراءة القامة

على النقطة السابقة لها. وفي هذه الحالة تقارن بالقراءة المذكورة فى خانة المؤخرات (٣,٤٠ أمتار). أى أن النقطة (٤) ترتفع عن النقطة (٣) بمقدار (٣,٤٠ - ١,٧٠ = ١,٧٠ متر). بدون هذا الفرق فى خانة الارتفاع أمام النقطة (٤). ويكون منسوبها $1,70 + 10,80 = 12,50$ متراً.

٥- بمقارنة قراءة القامة عند النقطة (٥) وهى ٢,٦٠ متراً والقراءة على النقطة السابقة لها (١,٧٠ متر)، نجد أنها أكبر. ومعنى ذلك أن النقطة (٥) تنخفض عن النقطة (٤) بمقدار (٢,٦٠ - ١,٧٠ = ٠,٩٠ متر). ويسجل هذا الفرق فى خانة الانخفاض أمام النقطة (٥). ويكون منسوبها $12,50 - 0,90 = 11,60$ متراً.

ولتحقيق العمل الحسابى:

* يجب أن يكون عدد المؤخرات مساوياً لعدد المقدمات. وفى هذا المثال:

عدد المؤخرات قراءتين وعدد المقدمات قراءتين.

* تجمع قراءات القامة فى خانة المؤخرات وكذلك القراءات فى خانة المقدمات وحسب الفرق بينهما.

أى: مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات

$$= 4,20 - 3,10 = 1,10 \text{ متر}$$

* تجمع خانة الارتفاع وكذلك خانة الانخفاض وحسب الفرق بينهما.

أى مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات

$$= 3,30 - 2,20 = 1,10 \text{ متر}$$

* بطرح منسوب أول نقطة من منسوب آخر نقطة

أى منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

$$= 11,60 - 10,50 = 1,10 \text{ متر}$$

∴. الناتج فى كل حالة مقدار ثابت فإن العمل الحسابى صحيح.

والجدول التالى يوضح هذه الطريقة

ملاحظات	المسالة بالمتر	القطعة	النسب	الانخفاض	ارتفاع	قراءات القامة		
						مقدمة	متوسطة	مؤخرة
ارتفاع رقم ... منسوبة	صفر	١	١٠,٥٠					٠,٨٠
	٣٥	١	٩,٢٠	١,٣٠			٢,١٠	
	٦٦	٢	٩,٨٠		٠,٦٠		١,٥٠	
	٨٥	٣	١٠,٨٠		١,٠٠	٠,٥٠		٣,٤٠
	١٣٧	٤	١٢,٥٠		١,٧٠		١,٧٠	
محور دوران للميزان	١٧٥	٥	١١,٦٠	٠,٩٠		٢,٦٠		
				٢,٢٠	٣,٣٠	٣,١٠		٤,٢٠

٢ - طريقة منسوب سطح الميزان:

في هذه الطريقة يحدد منسوب المستوى الأفقي لخط نظر جهاز الميزان، بقياس ارتفاعه عن أحد الزويزرات أو عن نقطة منسوبها معلوم بدقة. ويقصد بالمستوى الأفقي ذلك الذي يعينه خط نظر المنظار عندما يكون الجهاز أفقياً تماماً. ثم تحدد مناسيب النقاط بعد ذلك بقياس انخفاضها - الذي تعينه قراءة القامة عندها - عن منسوب خط نظر الميزان الذي يسمى عادة مستوى سطح الميزان ويرمز له بالرمز (م.س.م). وفي هذه الحالة يحذف من الجدول خاتتي الارتفاع والانخفاض ويستبدل بخانة منسوب سطح الميزان.

ولحساب مناسيب النقاط في المثال السابق بهذه الطريقة، تتبع مايلي:

- ١- يجمع منسوب النقطة (أ) مع قراءة القامة المدونة أمامها في خانة المؤخرات، فينتج منسوب سطح الميزان $١٠,٥٠ + ٠,٨٠ = ١١,٣٠$ (متر). نسطلها في خانة (م.س.م) أمامها.

- ٢- تطرح جميع قراءات القامة عند باقى النقاط التالية المتوسطة حتى القراءة المقدمة، التي تمثل آخر قراءة لهذا الوضع للميزان، من منسوب سطح الميزان، فيكون الناتج عبارة عن منسوب كل نقطة وبدون أمام كل منها في خانة المنسوب.

منسوب نقطة (١) $11,30 - 2,10 = 9,20$ أمتار.

منسوب نقطة (٢) $11,30 - 1,50 = 9,80$ أمتار.

منسوب نقطة (٣) $11,30 - 0,50 = 10,80$ أمتار.

٣- عند النقطة رقم (٣) ينتهى الوضع الأول للميزان بقراءة القائمة المدونة فى خانة المقدمات، ويبدأ الوضع الثانى للميزان بالقراءة المدونة فى خانة المؤخرات أمام هذه النقطة. تضاف القراءة المؤخرة إلى منسوب هذه النقطة، فينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد وبدون أمام النقطة رقم (٣).

م.س.م $10,80 + 3,40 = 14,20$ متراً.

٤- لاييجاد منسوبى النقطتين (٤)، (٥)، تطرح قراءات القائمة المدونة أمام كل منهما من منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد.

منسوب نقطة (٤) $14,20 - 1,70 = 12,50$ متراً.

منسوب نقطة (٥) $14,20 - 2,60 = 11,60$ متراً.

والجدول التالى يبين هذه الطريقة:

ملاحظات	المسافة بالمتر	النقطة	المنسوب	م.س.م	قراءات القائمة		
					مؤخرة	متوسطة	مقدمة
رؤس رقم ... منسوبة	صفر	١	10,50	11,30			
	35	١	9,20			2,10	
	66	٢	9,80			1,50	
	85	٣	10,80			0,50	
	137	٤	12,50			1,70	
محور دوران للميزان	175	٥	11,60			2,60	
			61,40			5,30	2,10
							4,20

ولتحقيق العمل الحسابي:

* عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٢

* مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = ٤,٢٠ - ٣,١٠ = ١,١٠ متر.

* منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١١,٦٠ - ١٠,٥٠ = ١,١٠ متر.

* ولتحقيق المتوسطات:

أ مجموع مناسيب النقط - منسوب النقطة الأولى = ١٠,٥٠ - ٦٤,٤٠ = ٥٣,٩٠ متراً

ب (مجموع منسوب كل سطح ميزان \times عدد المتوسطات والمقدمة المأخوذة منه)

- المجموع الكلي للمقدمات والمتوسطات

$$= (٥,٣٠ + ٣,١٠) - (٢ \times ١٤,٢٠ + ٣ \times ١١,٣٠) =$$

$$= ٨,٤٠ - (٢٨,٤٠ + ٣٣,٩٠) = ٥٣,٩٠ متراً$$

وبما أن الناتج كل من العمليتين أ، ب صحيح، إذا يكون حساب مناسيب المتوسطات صحيحاً.

مقارنة بين طريقتي الحساب:

* العمل الحسابي في طريقة منسوب سطح الميزان يقل كثيراً عن الطريقة الأخرى أثناء حساب مناسيب النقط. ولذلك يسهل سرعة حساب المناسيب أثناء العمل في الغيظ. وتستعمل طريقة منسوب سطح الميزان عندما يكون عدد المتوسطات كبيراً كما في حالة الميزانية الشبكية وكثافة الأعمال التي لا يتم نقل الميزان وتغيير وضعه كثيراً.

* طريقة الارتفاع والانخفاض يكثر فيها العمل الحسابي ولكن التحقيق فيها أضمن وأفضل - بالنسبة لنقط المتوسطات - من الطريقة الأخرى. إذ أن أي خطأ في حساب مناسيب المتوسطات، أو أي متوسطة واحدة، يظهر أثره في حساب باقي مناسيب النقط. ويمكن اكتشاف هذه الخطأ. أما في طريقة منسوب سطح الميزان، فلا يكشف هذا الخطأ في حساب مناسيب المتوسطات لأن قراءة المتوسطات لا تدخل في عمل التحقيق. وتستعمل طريقة الارتفاع والانخفاض في إيجاد مناسيب النقط الدقيقة.

تحقيق عمل النيط:

يحتاج الراسد دائماً إلى التأكد من دقة وصحة عمله أولاً بأول. وتصحيح أخطائه حتى لا تتراكم ويضطر إلى إعادة العمل مرة أخرى في النهاية. إذ أن طرق التحقيق السابقة قاصرة فقط على العمليات الحسابية التي تشملها الميزانية، ولكن صحة هذه العمليات ليست بالضرورة دليلاً على صحة المناسيب.

ويعم تحقيق عمل النيط والتأكد من صحة العمل بإحدى الطرق التالية:

(أ) يجب على الراسد، قبل البدء في عمل أي ميزانية، أن يبحث في دفتر المنطقة عن الروبورات القريبة من خط ميزانيته. ليبدأ عمله من واحد منها وإذا صادفه روبور في طريقة أو كان قريباً منه، يستجج منسوبه من قراءة يأخذها عليه، ثم يقارن هذا النسوب المستجج بمنسوب الروبور الصحيح، فإذا اتفق المتسويان، أو كان الخطأ سموحاً به، إعتبرت الميزانية صحيحة حتى موضع الروبور الجديد. ويستمر في عمله مبتدئاً من الروبور الجديد. أما إذا زاد الخطأ عن الحد المسموح به، يعاد العمل في رصد الميزانية من جديد قبل تكملتها بأخطائها.

(ب) وإذا خلا طريق الميزانية من روبورات قريبة، فيلزم إعادة الميزانية من نهايتها إلى النقطة التي بدأت منها. ومقارنة منسوب النقطة في البداية ومنسوبها بعد الرجوع إليها. ولأدعى لرصد نقط متوسطة أثناء الرجوع بالميزانية بل يكفي فقط بنقط الدوران السابقة لكشف مواضع الأخطاء وتصحيحها. ويمكن إختيار نقط دوران أخرى بخلاف السابقة في طرق مختصر بين بدء الميزانية ونهايتها، للتحقق من صحة الميزانية، وإن كان هذا الاجراء لا يساعد على كشف المواقع التي حدثت بها الأخطاء بسهولة، ولكنه يوفر الوقت اللازم لتحقيق العمل.

الخطأ المسموح به في الميزانية:

يتناسب الخطأ المسموح به في الميزانية مع عدد أوضاع الميزان، نظراً لأن عددها يكون ثابتاً تقريباً في الكيلومتر الواحد. والخطأ المسموح به يمكن إستنتاجه من المعادلة.

ن = \sqrt{k} ملليمتر

حيث ن . عدد ثابت ، ك : طول الميزانية بالكليومتر
ويختلف قيمة العدد الثابت تبعاً لدرجة الميزانية ودقتها. ففي هيئة المساحة
المصرية يكون الخطأ المسموح به كمايلي:

ميزانية الدرجة الأولى ٥ \sqrt{k}

ميزانية الدرجة الثانية ١٠ \sqrt{k}

ميزانية الدرجة الثالثة ١٢ \sqrt{k}

وعلى أية حال ، فإن العدد الثابت يتوقف على خبرة الراصد ونوع الميزانية
وطبيعة الأرض والظروف الجوية التي أجريت فيها الميزانية.

والحد الأقصى لطول المسافة بين الميزان والمؤخرة أو المقدمة يتوقف على طبيعة
سطح الأرض والظروف الجوية وخصائص المنظار. ففي الأرض شديد الانحدار مثلاً،
يتوقف طول خط النظر أثناء صعود هذا المنحدر على المسافة بين الميزان والنقطة
التي يقابل فيها خط النظر سطح الأرض. وفي الأراضي المنبسطة تقريباً يجب ألا
تقل المسافة عن ٣٠ متراً ولا تزيد عن ١٠٠ متر تقريباً. إذ أن المسافات التي تزيد
عن ذلك يحمل زيادة الأخطاء فيها بسرعة، فضلاً عن تأثير الانكسار الجوي.

وإذا أردنا الحصول على نتائج تتخلص فيها من كثير من أسباب الأخطاء نضع
الميزان في منتصف المسافة بين كل مقدمة ومؤخرة، وهذا هو الأفضل.

حساب مناسب النقط إذا كانت النقطة المعلومه غير النقطة الأولى:

يحدث في بعض الأحيان أن تكون نقطة البداية عند إجراء ميزانية ما ، غير
معلومة . ويكون المعلوم منسوب آخر نقطة في نهاية العمل أو منسوب نقطة في
وسط خط الميزانية. ونظراً لضيق الوقت أو لأي سبب آخر، لا يمكن إجراء ميزانية
سلسلة من أقرب روبر لبداية العمل. ففي هذه الأحوال يمكن حساب المناسيب،
بعد تدوين القراءات في جدول الميزانية كمايلي:

(أ) إذا كان المعلوم منسوب آخر نقطة:

١- ذكرنا من قبل، أنه لتصحيح العمل الحسابي يجب أن يكون الفرق بين مجموع المؤشرات ومجموع المقدمات، مساوياً للفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة. ومن هذه المعادلة نحصل على منسوب أول نقطة لأنها هي المجهول الوحيد في هذه المعادلة أي:

∴ منسوب أول نقطة = منسوب آخر نقطة - (مجموع المؤشرات - مجموع المقدمات).

٢- بعد تحديد منسوب أول نقطة، تكتب في جدول الميزانية في خانة المنسوب أمام النقطة الأولى وتخص مناسيب باقي النقط باحدى طريقتي الحساب السابق ذكرها.

٣- يكون تحقيق العمل الحسابي، بحساب منسوب النقطة الأخيرة (المعلومة)، ويجب أن تتفق مع المنسوب المعلوم وإلا كان هناك خطأ في العمل الحسابي.

(ب) إذا كان المعلوم منسوب نقطة متوسطة:

١- المقصود بنقطة متوسطة: نقطة دوران، أو نقطة أمامها قراءة متوسطة في خط الميزانية. في هذه الحالة تجمع منسوب هذه النقطة على المؤخرة الموجودة أمامها (إذا كانت نقطة دوران) فينتج منسوب سطح الميزان. يكمل العمل الحسابي حتى آخر نقطة في الميزانية فنحصل على منسوبها. ثم يحسب منسوب أول نقطة بالطريقة السابق ذكرها.

٢- إذا كانت النقطة المعلوم منسوبها متوسطة في الميزانية، فإتينا نجمع قراءة المتوسطة على المنسوب فينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع. نكتب منسوب سطح الميزان هذا أمام مؤخرة هذا الوضع. ونكمل العمل كما في البند السابق.

الأخطاء وأسبابها وكيفية التخلص منها

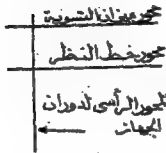
تعرض خطوات العمل في الميزانية لكثير من الأخطاء، التي يمكن تجنبها بالعناية والدقة اللتين لا تتعارضان مع السرعة المناسبة لاتمام العمل. ويمكن

تصنيف هذه الأخطاء إلى: أخطاء آلية نتيجة لعيوب في الجهاز المستخدم وأخطاء شخصية سواء في إستعمال الأجهزة أو في رصد القراءات أو وضع القامة. وأخطاء طبيعية مثل درجة الحرارة والرياح وكروية الأرض.

وفيما يلي دراسة لأهم هذه الأخطاء ووسائل التخلص منها:

أولاً: الأخطاء الآلية:

يمكن تمثيل جهاز الميزان، بثلاث محاور هي المحور الرأسى لدوران الجهاز، وتعتمد عليه (أفقياً) محور ميزان التسوية الطولى المثبت فى المنظار وكذلك محور خط النظر فى الميزان شكل رقم (١٦٣).



وضبط تعامد هذه المحاور يسمى «الضبط الدائم للميزان Permanent Adjustment».

وهو ما يجب إجراؤه عند إستعمال الميزان لأول مرة أو إذا أسىء إستعماله، أو إذا شك الراصد فى عدم صحة تركيب أجزائه بالنسبة لبعضها.

ولكل ميزان طريقة لضبطه الدائم تختلف باختلاف تركيبه. وتقتصر هنا على توضيح

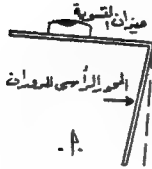
الضبط الدائم للموازين طراز ديمى Dumpy لاتنتشر استخدامها فى معظم الأحوال فى الوقت الحاضر.

ولكى يكون الميزان مضبوطاً يجب أن يعتمد محورى ميزان التسوية وخط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز. وتستوفى هذه الشروط بالترتيب المبين فيما بعد. إذ أن هذا الترتيب ضرورياً حتى لا يخل أحدهما بالآخر.

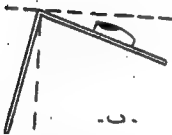
١- تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى لدوران الجهاز:

الهدف من تحقيق هذا الشرط هو أن يرسم محور ميزان التسوية، مستوى أفقياً، مهما دار المنظار حول محوره الرأسى، وإلا فإن محور الفقاعة إذا كان يميل على المحور الرأسى وغير متعامد عليه، فإنها تنحرف عن منتصف مجراها، كلما دار

المنظار نتيجة لدوران خط حول آخر مائلا عليه... نجري مايلي:



(أ) نثبت أرجل الميزان في الأرض جيداً، ونجعل ميزان التسوية موازياً لأى مسامير من مسامير التسوية وضبط الفقاعة في منتصف مجراها شكل رقم (١٦٤ - أ).



(ب) ندير المنظار 180° حول المحور الرأسى. فإذا ظلت الفقاعة في منتصف مجراها، كان ذلك دليلاً على تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى للميزان. أما إذا لم يكن التعامد صحيحاً، فإن الفقاعة تنحرف عن منتصف مجراها كما في الشكل رقم (١٦٤ - ب).



(ج) لجعل المحورين متعامدين أى لتصحيح الخطأ نحرك المسامير أو الصامولة الخاصة بتثبيت ميزان التسوية، فيرتفع ميزان التسوية أو ينخفض من الجانب الموجود فيه هذه الصامولة، حتى تعود الفقاعة بمقدار نصف الخطأ الظاهرى، ويقدر بنصف عدد الأقسام التى إنحرفت فيها الفقاعة وبذلك يصبح المحوران متعامدين شكل رقم (١٦٤ - ج).



(د) لضبط أفقية الجهاز، تستعمل مسامير التسوية العادية لضبط النصف الثانى من الخطأ شكل رقم (١٦٤ - د) وذلك بالطريقة المعتادة.

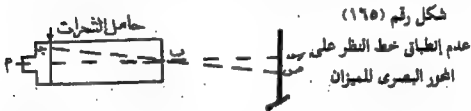
شكل رقم (١٦٤)

ضبط محور الميزان التسوية

٢- تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز:

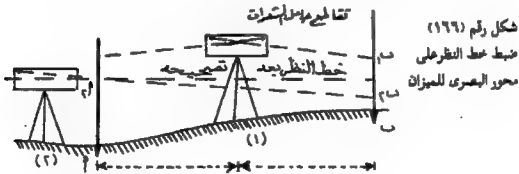
خط النظر هو الخط الأمامى الواصل بين تقاطع الشعرات، ومركز العدسة الشيئية أما المحور البصرى (أو الهندسى) فهو الخط الواصل بين مركزي العدستين الشيئية والعينية، وهذا متعامد أصلاً على المحور الرأسى عند صناعة الجهاز.

والشكل رقم (١٦٥) يوضح الحالة التى لا ينطبق فيها الخطان. فالخط أ ب هو المحور البصرى للمنظار، أما الخط ج د فهو خط النظر الخاطىء، وهو مائل على محور المنظار نتيجة لوقوع تقاطع الشعرات أعلى محور المنظار (وقد يقع التقاطع أسفل محور المنظار). وينشأ عن هذا الاختلاف الحصول على قراءات خاطئة على القامة، فالقراءة الصحيحة هى «س» أما القراءة «ص» خاطئة.



والفرض من الضبط، أن يقع تقاطع الشعرات على المحور البصرى وبالتالى يكون خط النظر أفقياً، ويسمى فى هذه الحالة خط الانطباق Line of Collimation، ولاجراء عملية الضبط، يتم ذلك على النحو التالى.

١- تثبت وتدان أ، ب المسافة بينهما ١٠٠ متر تقريباً، ونضع جهاز الميزان فى منتصف المسافة بينهما، وبعد ضبط أفقيته، يوجه المنظار إلى القامة الموضوعية فوق الوند (أ) ونقرأ القامة (لتكن أ١) ثم يوجه المنظار إلى القامة فوق الوند «ب» ونحصل على قراءتها «ولتكن ب١». شكل رقم (١٦٦).



ب- بحسب الفرق بين القراءتين أ، ب، وهو الفرق الحقيقي بين منسوبى الوتدين «أ»، «ب»، سواء كان خط النظر صحيحاً أو مائلاً. لأن الخطأ متساوى فى الحالتين، ذلك لأن جهاز الميزان فى منتصف المسافة بين الوتدين.

ج- لنقل الجهاز قريباً من أحد الوتدين «أ» مثلاً. بشرط أن يكون قريباً بقدر الامكان بحيث يمكن قراءة القامة فوق «أ». تضبط أفقية الجهاز فى وضعه الجديد رقم ٢. ونرصد قراءة القامة فوق «أ»، «ب» ولتكن القراءات أ، ب ونحسب الفرق بين القراءتين.

د- إذا كان الفرق بين القراءتين الجديدتين يساوى الفرق فى الوضع الأول للميزان (أى أن، أ - ب = أ - ب) كان خط النظر أفقياً، أى يوازى محور ميزان التسوية وبالتالي إنطباق خط النظر على المحور البصرى.

أما إذا لم يتساو الفرقان، فهنا معنى عدم وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى، ويكون التقاطع أعلى أو أسفل المحور البصرى.

هـ- لتصحيح هذا الفرق، يخفض أو يرفع حامل الشعرات، وذلك يربط أحد مساميره العلوى أو السفلى وفك الآخر، حتى نحصل على قراءتين يتساوى الفرق بينهما مع الفرق السابق حسابه والميزان فى وضعه الأول.

و- ونظراً لقرب المسافة بين الميزان والقامة فوق «أ» (فى وضعه الثانى) وبعدة عن القامة فوق «ب»، فإن إنحراف خط النظر لا يؤثر كثيراً على القراءة أ ويمكن إعتبار هذه القراءة ثابتة، ويكون الخطأ كله فى القراءة ب، التى نضيف عليها (أو نطرح منها) مقدار الفرق اللازم حتى نحصل على القراءة ب.

والحال العددي التالى يوضح التطبيق العملى لانطباق خط النظر على المحور البصرى للمنتظار.

وضع ميزان فى منتصف المسافة أ ب. فكانت القراءة على القامة أ = ١,٦٨ وعند ب = ١,٩٦ متر. ثم رفع الميزان ووضع قريباً من ب، فكانت القراءة عند أ = ١,٣١ وعند ب = ١,٧٤ متر. ماهى القراءة الصحيحة الواجب قراءتها عند نقطة أ بعد ضبط خط النظر للمنتظار؟

الإجابة:

(أ) الميزان فى منتصف المسافة: يتضح من القراءتين أن نقطة أ أعلى من نقطة ب والفرق الحقيقى بين منسوبيهما $= ١,٩٦ - ١,٦٨ = ٠,٢٨$ متر.

(ب) الميزان قريباً من نقطة ب: الفرق بين قراءتى القامة عند أ، ب = $١,٧٤ - ١,٣١ = ٠,٤٣$ متر وهو لا يساوى الفرق فى الحالة الأولى نتيجة لأن خط الانطباق غير صحيح. ويمكن إعتبار القراءة $١,٧٤$ عند نقطة ب صحيحة نظراً لوجود الميزان قريباً منها.

.. نقطة أ أعلى من نقطة ب بفرق صحيح قدره $٠,٢٨$ متراً
القراءة الصحيحة الواجب قراءتها عند نقطة أ

$$= ١,٧٤ - ٠,٢٨ = ١,٤٦ \text{ م.}$$

ولذلك يجب يجب خفض حامل الشمرات، حتى يتم تقاطع الشمرات عند القراءة $١,٤٦$ متر على القامة عند نقطة أ.

.. الفرق بين منسوبى أ، ب بعد تصحيح خط الانطباق

$$= ١,٧٤ - ١,٤٦ = ٠,٢٨ \text{ م}$$

ثانياً: الأخطاء الشخصية:

وهى أخطاء قد يقع فيها الراصد، دون قصد، سواء أثناء إستعماله لجهاز الميزان أو القامة أو عند رصد القراءات وتدوينها فى دفتر الميزانية. ولتجنب هذه الأخطاء يراعى مايلى:

(أ) بالنسبة للميزان:

١- تثبيت حامل الميزان جيداً فى الأرض، خصوصاً فى الأرضى غير المتماسكة أو الرخوة، ويوجد فى نهاية الأرجل كعب حديدى يساعد على ذلك.

٢- ضبط أفقية ميزان التسوية الطولى ومراجعتها باستمرار لضمان وجود الفقاعة فى منتصف مجراها قبل الرصد وبعدة للتأكد من أن القراءة لم تتغير. وقد سبق أن ذكرنا أنه فى الموازين الحديثة تظهر صورة الفقاعة داخل المنظار أسفل قراءة القامة، حتى يلاحظها الراصد دائماً.

٣- ملاحظة تحريك المنظار بخفة وعدم الضغط عليه رأسياً، مع تجنب الإمساك بالحامل أو الإستناد عليه، حتى لا يميل الميزان فتبعد الفقاعة عن منتصف مجراها وتتغير تبعاً لذلك أفضية خط الانطباق، أو مستوى سطح الميزان السابق ضبطه.

٤- وضع الميزان بحيث لا يكون المنظار مواجهاً للشمس بقدر الإمكان وفي حالة عدم إمكان ذلك يسحب الغلاف المجاور للعدسة الشيئية لحمايتها من الأشعة المباشرة مع ضرورة الاستعانة بمظلة لهذا الغرض، حتى لا يتعرض الجهاز للشمس كثيراً خاصة إذا كان التعرض من جانب واحد، مما يقلل من حساسية الفقاعة وتمدد أجزاء الميزان بمقادير غير متساوية.

٥- البعد عن الميزان والقامة في نقط الدوران يتوقف على حالة العمل وقدرة المنظار على الرؤية وتقسيم القامة. عموماً يجب ألا تزيد هذه المسافة عن ١٠٠ متر ليتمكن قراءة القامة بكل وضوح ودقة.

(ب) بالنسبة للقامة:

١- يجب التعرف على طريقة تدرج القامة والتحقق من صحة طولها وأقسامها وذلك بمعايرتها بشرط من الصلب.

٢- العناية أثناء فرد القامة المنزلفة أو القامة التلسكوبية، لضمان اتصال الأقسام بين أجزائها اتصالاً صحيحاً.

٣- ملاحظة وضع صفر تدرج القامة على الأرض، وهذا أمر يجب أن ينتبه إليه الراصد أثناء الرصد ويمكنه إكتشاف ذلك إذا تزايدت القراءات من أسفل إلى أعلى أو ظهرت الأرقام مقلوبة.

٤- ملاحظة وضع القامة رأسية تماماً، إما باستخدام خيط شاغول أو بميزان التسوية المستقل أو المتصل بالقامة (وقد سبق ذكرهما). وفي حالة عدم وجود أى منهما تحرك القامة إلى الأمام وإلى الخلف ببطء في اتجاه خط النظر ورصد أقل قراءة تعينها تقاطع الشعرات.

٥- الابتعاد عن وضع القامة في أرض رخوة، خاصة نقط الدوران. وإذا اضطّر الرصد إلى ذلك فيجب وضع القاعدة الحديدية.

(جم) أخطاء القراءة:

- ١- الخطأ في تقدير كسور الستيمترات (أو المللمترات) ، خاصة في الميزانية الدقيقة.
- ٢- الخطأ في القراءة على الشعرة العليا أو السفلى (شعرات الاسناد) بدلاً من الشعرة الوسطى التي يجب التحقق من أنها هي التي رصدت.
- ٣- قد يخطئ المبتدئ في قراءة الأمتار الصحيحة، إذا لم يعتن بتحديد عدد النقط تحت رقم المليمتر.
- ٤- تدوين القراءة في خانة غير خانتها الحقيقة في جدول الميزانية. وكذلك كتابة المسافات والملاحظات أمام النقط التي تخصها.

ثالثاً: الأخطاء الطبيعية:

هي أخطاء لا تدخل للراصد أو للأجهزة المستخدمة فيها. ولكن يمكن للراصد الانتباه إليها لتجنبها. ومن العوامل الطبيعية التي تؤثر على صحة الميزانية مايلي:

١- الحرارة:

بسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض، خاصة وقت الظهيرة، حدوث تيارات هوائية ساخنة صاعدة وإنكسار الضوء خلالها، يجعل القامة تبدو كأنها تهتز في الجزء القريب من سطح الأرض ويمكن تجنب الخطأ في القراءات بأخذها في الجزء الأعلى من القامة بعيداً عن جزئها الأسفل المتأثر بهذه التيارات الساخنة، وذلك بوضع الميزان فوق مواضع مرتفعة نسبياً. كما يحسن تقليل المسافات بين الميزان والنقط المرصودة. ويمكن تقادى ارتفاع درجة الحرارة، بإجراء الميزانية في الصباح الباكر للحصول على نتائج جيدة.

٢- الرياح:

من الصعب إجراء الميزانية أثناء هبوب الرياح، لأن ذلك يسبب اهتزاز الميزان وعدم ثبات القامة. وإذا لم يكن هناك بد من القيام بالميزانية في مثل هذه الأحوال، فيجب وقاية الميزان منها، مع تجنب القراءات في الجزء العلوى من القامة لأنه يصعب بقاؤها ثابتة في وضع رأسى.

٣- إنكسار الأشعة:

معروف أن الأشعة تنكسر عند مرورها في أوساط جوية مختلفة الكثافة، لذلك فإن خط الانطباع في المنظار لا يكون خطاً مستقيماً ولكنه ينحني إلى أسفل نحو الأرض. وبالنسبة للمسافات الصغيرة فإن الخط يكون صغيراً جداً ويمكن تفاديه بوضع الميزان في منتصف المسافة بين المؤخرة والمقدمة. ولكن إذا كانت المسافة كبيرة نسبياً فإن الخط يصبح تراكمياً. ويمكن التخلص من هذا الخطأ بالميزانية المتبادلة أو العكسية (التي ستناولها بالشرح فيما بعد).

بعض العقبات في الميزانية وكيفية معالجتها

يصادف المساح في بعض الأحيان، صعوبات وعقبات أثناء إجراء الميزانية. وفيما يلي أمثلة لبعض هذه العقبات وكيفية التغلب عليها.

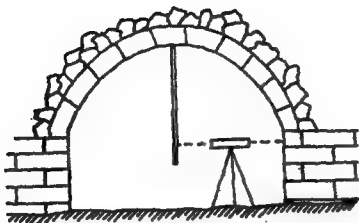
١- إجراء ميزانية على المنحدرات الشديدة:

عند إجراء ميزانية على منحدر شديد، صعوداً أو هبوطاً، يجب تجنب الأرصاد ذات المسافات القصيرة جداً بين الجهاز ونقط الدوران، وذلك بوضع الميزان بعيداً عن خط الميزانية والسير في خط منكسر، حتى نوازن ما أمكن بين أطوال المقدمات والمؤخرات، أي تكون المسافة بين الميزان والمؤخرة تساوى تقريباً وتقدر الامكان المسافة بين الميزان ونقطة المقدمة. وحتى نتجنب الرصد على الحافة العليا للقامة.

٢- إيجاد منسوب نقطة أعلى من منسوب سطح الميزان:

يحدث ذلك إذا كان المطلوب إيجاد منسوب سقف كهف أو نفق أو كوبرى. توضع القامة مقلوبة وصفرها ملاصقاً للنقطة المراد إيجاد منسوبها (أي يكون صفر القامة إلى أعلى في عكس وضعه المعتاد). وتدون القراءة في خانة المتوسطات بالسالب.

في الشكل رقم (١٦٧) نفرض أن منسوب سطح الميزان ٢٢,٨٣ متراً، وقراءة القامة ٢,٣٤ متر.



شكل رقم (١٦٧)
إيجاد منسوب سقف نفق

∴ منسوب سطح النفق = $٢٢,٨٣ - (٢,٣٤) = ٢٥,١٧$ متر.

يلاحظ أنه لإيجاد منسوب نقطة الإسقف فالتا تجمع قراءة القامة بدلاً من طرحها كما هو معتاد.

٣- إعتراض سطح مائي لخط الميزانية:

يصادف في بعض الأحيان أن يعترض خط الميزانية بحفرة أو مستنقع أو مجارى مائية كالأنهار والترع المتصلة (إلى حد ما). فإذا كان سطح المياه ساكناً وهادئاً دون ماتموج في سطحه، وكان عرض هذا المسطح المائي كبيراً بحيث لا يمكن رصد القامة على الجانب الآخر منها لعدم وضوح قراءتها.

في هذه الحالة يمكن إعتبار سطح الماء كله نقطة دوران شكل (١٦٨). فيحدد منسوب الماء عند أحد الشاطئين وذلك بوضع قامة على سطحه وإعتبارها مقدمة. ثم تنتقل إلى الشاطئ الآخر، وتضع القامة على سطح الماء (والسابق معرفة منسوبه من الشاطئ الأول). ونأخذ بمنسوب سطح الميزان الجديد وتستمر في إجراء الميزانية.

شكل رقم (١٦٨)

إعتراض سطح مائي لخط الميزانية

والواقع أن هذه العملية غير دقيقة لأن سطح الماء، مهما كان هادئاً فلا بد من وجود بعض الاختلاف.

٤- العقبات المرتفعة في طريق الميزانية:

عندما يعترض خط الميزانية سور بناء يعترض خط نظر الميزان. في هذه الحالة يعتبر موضع هذا السور نقطة دوران ونأى بمنسوب قمته. ونجرب مايلى:

(أ) ندق مسماراً بارزاً قرب أسفله، أو نضع نصب سكين في فواصل الطوب إذا أمكن ذلك. ونقيس المسافة بين هذا المسمار أو السكين، والحافة العليا للسور «أى قمة السور».

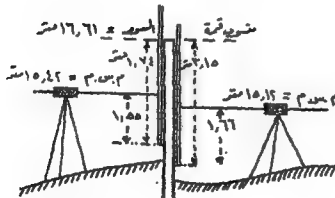
(ب) نضع القامة فوق المسمار «أو السكين» ونعتبرها مقدمة لآخر وضع في الميزانية وبالتالي يمكن إيجاد منسوب قمة السور.

(ج) نتقل إلى الجانب الآخر من السور، وندق مسماراً آخر، ونقيس بعد المسمار عن قمة السور وبالتالي يمكن حساب منسوب هذا المسمار.

(د) نضع القامة على المسمار ونعتبر في هذه الحالة مؤخر موضع الجديد للميزان، ونكمل العمل بعد ذلك كالعتاد. إذ أننا اعتبرنا منسوب قمة السور كنقطة دوران في الميزانية.

(هـ) والمثال العددى التالى يوضح لنا هذه الطريقة مع الشكل رقم (١٦٩).

شكل رقم (١٦٩)
اعتراض سور لخط الميزانية



١- نفرض أن منسوب سطح الميزان في الوضع (١) = ١٥.٤٢ متراً وأن قراءة القامة عند السور = ١.٥٥ متر وارتفاع السور من المسار حتى قمته = ٢.٧٤ متر.

∴ منسوب قمة السور = م.س.م - قراءة القامة + ارتفاع السور

$$= ١٥.٤٢ - ١.٥٥ + ٢.٧٤ = ١٦.٦١ م$$

٢- في الجانب الآخر من السور نفرض أن ارتفاع السور من المسار حتى نهايه = ٣.١٥ أمتار، قراءة المؤخرة عنده في الوضع (٢) للميزان = ١.٦٦ متر.

∴ م.س.م للوضع (٢) = منسوب قمة السور - ارتفاع السور + قراءة المؤخرة

$$= ١٦.٦١ - ٣.١٥ + ١.٦٦ = ١٥.١٢ متراً$$

٣- إحصائى واد. عميق خط الميزانية:

عند إجراء ميزانية عبر واد عميق، أو عبر نهر متسع، فإنه لا يمكن وضع الميزان في منتصف المسافة بين المقدمة والمؤخرة. وفي هذه الحالة تتبع طرقاً خاصة في الرصد تسمى بالميزانية المكسبة Reciprocal Levelling.

وهناك أكثر من طريقة لإجراء الميزانية المكسبة نورد هنا فيما يلى:

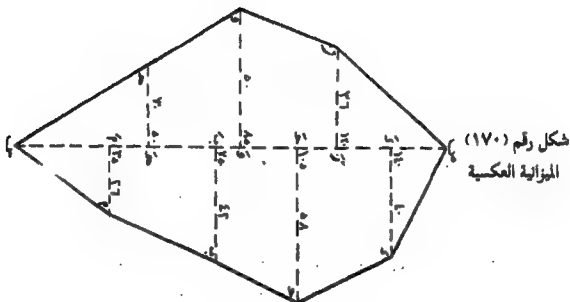
(أ) باستعمال ميزان واحد:

لايجاد الفرق بين منسوى النقطتين أ، ب نجري الآتى:

١- نضع الميزان في نقطة مثل جـ على بعد مناسب قريباً من نقطة أ. ونأخذ قراءة القامة عند كل من نقطتي أ، ب ولتكن هاتين القراءتين أ_١، ب_١ شكل رقم (١٧٠).

٢- ننقل الميزان عبر العائق. ونثبت الجهاز في نقطة د، على بعد من ب يساوى المسافة جـ أ. ونرصد القراءات على القامتين في ب، أ ولتكن ب_٢، أ_٢.

٣- نأخذ بالفرق بين القراءتين في كل حالة (وقد يساوى الفرقان أو لا يساوى). وللحصول على الفرق الحقيقى بين منسوى أ، ب نستخدم المعادلة الآتية:



$$\frac{(١ - ٢) + (٢ - ١)}{٢} = ب$$

إلا أنه من عيوب هذه الطريقة أنها تتأثر بكروية الأرض خاصة إذا كانت المسافة بين القامتين كبيرة. فتأثير الكروية في مسافة كيلو متر واحد تساوى خمسة سنتيمترات وهذا مقدار كبير. كما أن الخطأ الناتج من تأثير الانكسار الضوئي، سرعة تغيره لا يمكن حسابه، فهو يتغير أثناء نقل الميزان عبر المسافة، وبالتالي فإن تأثيره أثناء وضعه في نقطة جـ يختلف عن تأثيره أثناء وضعه في نقطة د.

(ب) باستعمال ميزالين:

للتغلب على العيوب الناشئة من الطريقة السابقة. يوضع ميزان عند نقطة جـ، وآخر عند نقطة د. وتؤخذ القراءات على القامتين في أ، ب في آن واحد. ويحسب متوسط الفرقين كما سبق في المعادلة.

وتمتاز هذه الطريقة بأن الرصد يتم في آن واحد في الجهتين، وبذلك يتلاشى تأثير إنكسار الضوء لأنه سيكون واحداً في الحالتين.

ولكن عيب هذه الطريقة، هو أنه من الجائز أن يكون بأحد الميزانين خطأ في خط النظر، أو قد يكون بالجهازين خطأ ولكنه غير متساو. ولذلك فإن أخذ المتوسط لا يضيح الخطأ.

(جـ) باستعمال ميزالين مع التكرار في العمل:

للتوفيق بين مزايي الطريقتين السليقتين والتخلص من عيوبهما، نستعمل ميزانين للرصد في آن واحد كما سبق في الحالة الثانية، ثم يجري تبادل مكاني

الميزانين ونرصد القامتين مرة أخرى فى آن واحد. فتكون القراءات فى المرة الأولى
 أ، ب، ١، ٢، ٣ وفى المرة الثانية، بعد تبادل الأجهزة أ، ب، ٤، ٥، ٦.

ويكون الفرق الحقيقى بين منسوبى النقطتين =

$$\frac{(أ - ب) + (١ - ٢) + (٣ - ٤) + (٥ - ٦)}{4}$$

تشكيل القطاعات

يعتبر تشكيل القطاعات من أهم الأغراض التى تجرى من أجلها الميزانية.
 والقطاعات ذات أهمية عظمى وضرورية للجغرافى. فمنها يستطيع أن يتبين طبيعة
 سطح الأرض وشكل الانحدارات. وعن طريق القطاعات يمكن تقدير كميات
 الحفر والردم فى المشروعات الهندسية، وكذلك المساعدة فى تصميم الأعمال
 الهندسية كالكبارى والمباني والسدود.

وتتلخص العملية فى الحصول على مناسيب متعددة على سطح الأرض،
 مأخوذة على محور المشروع، سواء كان مستقيماً أو منحنياً، ويكون معلوماً أيضاً
 المسافات بين النقاط حتى يمكن بيانها عند توقيع القطاع ورسمه. وهذه العملية
 هى ما نقوم بتنفيذه عند إجراء ميزانية طويلة سلسلة. ومن المهم أن تؤخذ مناسيب
 النقاط التى يتغير عندها شكل أو انحدار سطح الأرض كما فى الطرق والجسور،
 تؤخذ القراءات على مسافات متساوية تتراوح بين ٢٠ ، ٥٠ متراً. وتتوقف هذه
 المسافات بين مواضع القامة على شدة أو بساطة درجة انحدار الأرض. وتنقسم
 القطاعات إلى نوعين:

١- القطاعات الطولية:

وهى مأخوذة على طول محور المشروع كما فى حالة الطرق وخطوط السكك
 الحديدية وخطوط أنابيب المياه أو المجارى أو الكابلات الكهربائية أو التليفونية وغير
 ذلك. والفرض منها دراسة طبيعة سطح الأرض ومناسيب الأعمال الهندسية التى
 ستنفذ فى الموقع وحساب كميات الحفر أو الردم اللازمة فى حالة المشروعات
 الهندسية.

٢- القطاعات العرضية:

وتجرى فى الأرضى المتسعة، كما فى الخزانات والقناطر والموانئ، حيث يكون القطاع العرضى كبيراً. فتضمن اتجاهات القطاعات العرضية، عمودية على محاور الميزانية الطولية، بواسطة أجهزة إقامة الأعمدة كالمثلث المساح أو المنشور المرئى أو التيودوليت أو السكستان. ويجب أن يمتد القطاع العرضى يميناً ويساراً إلى مسافة أكبر من العرض المقترح للمشروع حتى يبين طبيعة سطح الأرض بصورة كاملة.

وعند تشكيل قطاع عرضى لنهر أو لترعة، توضع القامة على مواضع نقط تغير إحدارات سطح الأرض، ويشد شريطاً بين وتلين على جانبيى النهر. وعند الوصول إلى سطح الماء توضع قامة صفرها على سطح الماء وتقرأ قراءتها وبذلك يعرف منسوب سطح الماء. ويمكن معرفة مناسب قاع النهر بعمل «جسات» أى إيجاد إنخفاض كل نقطة على خط الميزانية العرضية عن سطح الماء بواسطة قراءة القامة عند سطح الماء مباشرة، وطرح العمق من منسوب سطح الماء السابق حسابه. ونعين مسافات الجسات من نقطة البداية حتى يمكن توقيمها عند رسم القطاع العرضى. هذا إذا كان قاع النهر ضحلاً أما فى الأعماق الكبيرة والأنهار العريضة، فيستخدم قارب يذلى منه جنزير بنهايته ثقل (يسمى إسكنديل) وتقرأ قراءة الجنزير على سطح الماء عندما يشر الراصد الذى يستخدمه بوصول الثقل إلى القاع.

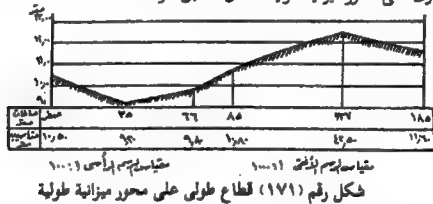
رسم القطاع:

يستعمل فى رسم القطاعات ورق المربعات المقسم إلى سنتيمترات وملليمترات، حتى يمكن تفادى كثرة إستعمال القياس بالمسطرة والمثلث فى توقيع الأبعاد الأفقية والرأسية، وتوفير الوقت والجهد فى حالة إستخدام الورق الأبيض. وتتبع مايلى:

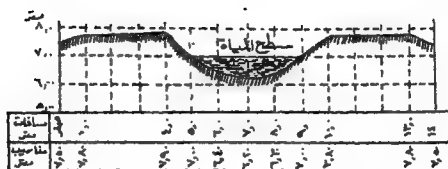
١- يرسم خطاً أفقياً يمثل مستوى المقارنة، وهو إما أن يكون صفرأ أى متوسط سطح البحر، أو يكون أقل قليلاً من أقل منسوب فى جدول الميزانية، بحيث يكون رقماً صحيحاً. ويكون طول هذا الخط مساوياً لطول المسافة بين أول نقطة وآخر نقطة فى جدول الميزانية طبقاً لمقياس الرسم. وكلما زاد طول محور الميزانية كلما صغر مقياس الرسم الأفقى المنتخب.

٢- بقاء عمودين عند نهايتى هذا الخط الأفقى، مقسمان إلى أقسام متساوية طبقاً لقياس الرسم الرأسى، وعادة ما يكون ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠. ويلاحظ أن مقياس الرسم الرأسى عادة ما يكون كبيراً. حتى يمكن بيان التغيرات الموجودة فى سطح الأرض بشكل واضح ولو أن هذا الأمر يجعل الانحدارات تبدو حادة ومبالغاً فيها. إلا أن هذه المبالغة فى تكبير المقياس الرأسى تساعد كثيراً فى توقيع المناسيب بدقة، بالإضافة إلى إظهار العلاقة بين المناسيب الفعلية لسطح الأرض والمناسيب المقترحة المشروع.

وعموماً تتوقف درجة التفاوت بين المقياسين الأفقى والرأسى على طبيعة الأرض، فالأراضى الوعرة لا تحتاج إلى درجة من المبالغة مثل ما تحتاجه أرض تكاد تكون مستوية السطح. وعندما يكون المطلوب بيان المناسيب بدرجة كبيرة من الدقة، يلزم الأمر زيادة المقياس الرأسى. والشكل رقم (١٧١) يوضح قطاعاً طولياً أجري على محور ميزانية طويلة للمثال السابق شرحه.



ولرسم القطاعات العرضية، يتبع نفس الطريقة السابق شرحها فى رسم القطاعات الطولية، مع مراعاة أن الأبعاد الأفقية والرأسية توضع بمقياس رسم واحد، حتى يمكن بيان وتوقيع وقياس التصميمات المقترحة بدقة وسهولة. وغالباً ما يكون مقياس الرسم أفقياً رأسياً ١ : ١٠٠ (بمعكس الحال فى القطاعات الطولية). وترب القطاعات العرضية تحت بعضها- اذا كانت أكثر من قطاع على محور الميزانية الطولية- بحيث يجمعها محور طولى إن أمكن، ويراعى أن يكون مستوى المقارنة فى جميع القطاعات واحداً والشكل رقم (١٧٢) يوضح مثلاً لقطاع عرضى أجري على محور ميزانية عرضية لترعة.



شكل رقم (١٧٢) قطاع عرضي

الفصل التاسع

الميزانية الشبكية وتقدير الكميات

تهدف الميزانية الشبكية إلى تحديد مناسيب مجموعة من النقاط، يمكن عن طريقها رسم خرائط تبين شكل سطح الأرض من مرتفعات ومنخفضات. ومن واقع مناسيب هذه النقاط يمكن رسم خطوط تتساوى في منسوبها يطلق عليها خطوط الكنتور، والتي تعتبر من أفضل الطرق لتمثيل سطح الأرض من إرتفعات وإنخفاضات على الخرائط. وهذا النوع من الميزانية ماهر إلا عدة عمليات متتابعة لميزانيات متسلسلة أو مركبة.

وتختلف طريقة تنفيذ الميزانية الشبكية كما سبق أن ذكرنا^(١). باختلاف شكل سطح الأرض ومدى تباينه وتضرسه وأيضاً حسب الدقة المطلوبة للخريطة وهذه الطرق هي:

١- طريقة المربعات أو المستطيلات

٢- طريقة الأشعاع

٣- الطريقة المباشرة

٤- طريقة النقاط المبعثرة أو المتفرقة

٥- طريقة خط السير

٦- طريقة القطاعات الطولية والعرضية

(١) طريقة المربعات أو المستطيلات

تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق التي تصلح في الأراضي والمناطق المكشوفة المستوية تقريباً والتي لا تختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً وفي الأراضي المحدودة المساحة كقطع الأراضي الزراعية. وتنفذ هذه الطريقة باستعمال الميزان.

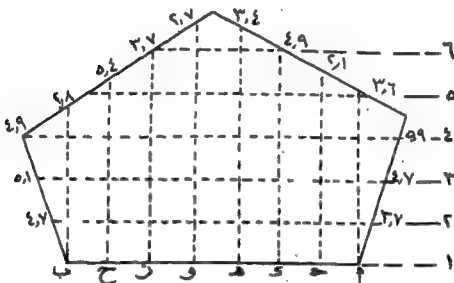
(١) أنظر ص ٣٢٨ - ٣٢٩

خطوط العمل:

- ١- إذا كانت حدود أرض المنطقة لم ترسم على الخريطة فأول خطوة هي عمل مصلح حولها وتحديد أركان المنطقة.
- ٢- تلخص طريقة الميزانية الشبكية في تغطية المنطقة بشبكة من المربعات أو المستطيلات المتساوية التي تشكل بمعمل خطوط طولية وعرضية متوازية ثم إيجاد مناسب الأركان شكل (١٧٣) كمايلي:
- ٣- نأخذ خطأ مثل أ ب قريباً من حدود المنطقة أو موازياً لأطول حد من حدود المنطقة ونقسمه إلى أجزاء متساوية (تتراوح بين ١٠ ، ٣٠ متراً) حسب الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض، ونثبت في نقط التقسيم أوتاداً أو أى علامات (مثل الشوك). نرسم كروكي في الورقة ونرقم هذه النقط جـ. د. هـ ... الخ.
- ٤- نقيم أعمدة من نقط التقسيم بالثلث المساح أو المنشور المرئى أو أى طريقة أخرى حسب اتساع المنطقة ونسمى الصفوف الألفية بأرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ .. كما في الشكل، ولذا فإن أى نقطة يمكن تسميتها بحرف ورقم جـ ٤ ، هـ ٣ ، د ٢ ... الخ. ومن ثم يمكن عمل جدول الميزانية باسم الصف والعمود، فمثلاً نكتب في خانة الملاحظات عمود (ب) وفي خانة المسافات أمام النقط المختلفة ١ ، ٢ ، ٣ ، ولذا يمكن بعد حساب المناسيب توقيعها على الرسم بسهولة وبدون خلط بين النقط.
- ٥- نضع الميزان في موضع ملائم ونسلسل ميزانية من أقرب رؤوس حتى المنطقة إذا أردنا إيجاد المناسيب بالنسبة لسطح البحر. أما إذا أردنا إيجاد الارتفاعات النسبية بين النقط فيمكن إختيار أى نقطة ثابتة ونفرض لها منسوباً.
- ٦- نضع الميزان في مكان يرى أكبر عدد من نقط أركان المربعات والمستطيلات ونبدأ برصد مؤخرة على النقطة ذات المنسوب المعروف (أو المفروض) ونعين منسوب سطح الميزان.
- ٧- نوضع القامة عند كل ركن من أركان الشبكة وترصد قراءاتها ويتم حساب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان وندونه مباشرة على الكروكي بدون عمل جدول ميزانية.

٨- من الطبيعي أنه قد لا تنطبق حدود المنطقة على حدود المربعات أو المستطيلات في كثير من الحالات ولذا يجب أن نأخذ بمناسيب الأرض عند نقط على الحدود كما في الشكل رقم (١٧٣) حتى يمكن مد الخطوط الكتورية حتى هذه الحدود.

٩- نعين خطوط الكتور حسب الفترة الكتورية المطلوبة كما سنذكر فيما بعد.



شكل رقم (١٧٣)

(٢) طريقة الاشعاع

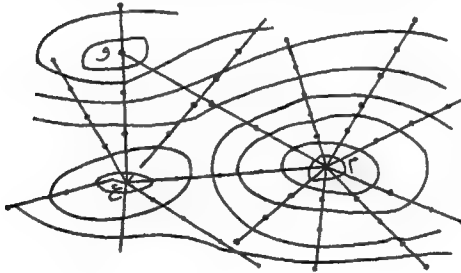
نستخدم هذه الطريقة في المناطق التلية أو المرتفعة التي لا تمتد إمتداداً كبيراً. ونستخدم في هذه الطريقة ميزان مزود ببوصلة كما يمكن تنفيذها باستخدام اللوحة المستوية.

خطوات العمل:

نعمل للمنطقة ميزانية على طول خطوط إشعاعية من أعلى نقطة تقريباً (م) شكل (١٧٤) وتتقارب أو تتباعد الخطوط الإشعاعية أى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض. نأخذ مناسيب الأرض في كل اتجاه عند النقط التي تتغير فيها طبيعة الأرض كما هو مبين بالنقط في الشكل.

وتستخدم البوصلة لتحديد انحراف كل قطاع أو قد يكون الميزان مزوداً بقرص أفقى لقياس الزوايا. وتقاس الزوايا بالنسبة لاتجاه ثابت نختاره يسمى إتجاه الاسناد ونعين الزوايا بين القطاعات المختلفة والاتجاه الثابت. كما قد تستعمل البلاشطية مع قياس المسافات الأفقية تاكيداً مترياً عن طريق شعرات الاسناد الموجودة فى المنظار.

قد يستدعى الأمر نقل الجهاز إلى أكثر من مكان فيستحسن ربط هذه النقاط بمضلع حتى يمكن توقيع هذه النقاط أولاً ثم توقيع خطوط الأشعة المتفرعة من كل نقطة رئيسية حسب انحرافات أو زواياها. ويتم العمل على النحو التالى.



شكل رقم (١٧٤) طريقة الاشعاع

١- نضع البلاشطية فوق إحدى نقط المضلع م شكل (١٧٤) ونضبط أفقيتها، وترفع النقطة م من الطبيعة إلى م ١ على لوحة البلاشطية بواسطة شوكة الاسقاط.

٢- نوجه البنداد إلى النقطة التالية لنقطة م (ع مثلاً) وترصد النقطة ع ويرسم الشعاع (م ع) ونوقع عليه النقطة ع ١. كذلك ترصد من النقطة السابقة م فى الترافيسور (و مثلاً) ويرسم الشعاع (م و) ويوقع عليه النقطة و ١.

ويحسن توجيه أشعة إلى أكثر من نقطة من نقط المثلث كلما أمكن ذلك.
 ٣- نختر إتجاه ثابت وليكن الإتجاه م ع أو م و، ونسفن منه إتجاه خطوط إشعاعية صادرة من النقطة م، تتقارب أو تتباعد أى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض.

٤- نضع حافة الأليداد منطبقه على الشعاع الأول، ونأخذ مناسب سطح الأرض عند نقط تغير الانحدار على طول إتجاه هذا الشعاع. والأرصاء اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الأرض تحتها هي:

قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى على القامة، والزاوية الرأسية سواء كانت زاوية لارتفاع أو إنخفاض.

٥- يحدد موقع القامة المرصودة بقياس المسافة الأفقية بينها وبين موقع الجهاز، وذلك كالآتي:

* إذا كان منظار الأليداد أفقياً تماماً فإن المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى \times الثابت التاكيمترى للأليداد (١٠٠).
 * إذا صنع المنظار زاوية تميل إلى أعلى أو إلى أسفل فإن المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى \times الثابت التاكيمترى (١٠٠) \times جتا هذه الزاوية.

٦- يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتي:

(أ) إذا كان المنظار أفقياً تماماً، فنوجد المنسوب كما نوجده فى الميزانية العادية تماماً بقراءة الشعرة الوسطى على القامة.

أى منسوب نقطة القامة = منسوب النقطة التى عليها اللوحة المسعوية + ارتفاع محور الأليداد عن النقطة - قراءة الشعرة الوسطى على القامة.

(ب) إذا كان المنظار مائلاً بزاوية رأسية فنوجد فرق المنسوب أولاً (يرمز له عادة بالرمز ص).

ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى \times الثابت التاكيمترى \times نصف جتا ضعف الزاوية الرأسية

- ويمكن صياغة المعادلة: $\text{ص} = \frac{1}{\rho} \times \text{ث} \times \text{جا } \varphi$ ن
- حيث ن هي زاوية الارتفاع أو انخفاض الاليداد وحسب المنسوب بعد ذلك كالآتي:
- المنسوب في حالة زاوية الارتفاع = منسوب اللوحة المستوية + ارتفاع الجهاز
 + ص - قراءة الشعرة الوسطى
- المنسوب في حالة زاوية الانخفاض = منسوب اللوحة المستوية + ارتفاع الجهاز -
 ص - قراءة الشعرة الوسطى.
- ٧- يكون جدول تسجيل الأرصاد كالآتي:

النقطة	قراءة الشعرات			الفرق بين العليا والسلي	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية	فرق المنسوب (ص)	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السلي						

- ٨- يكرر العمل بنفس الطريقة على باقى الأشعة حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة م. ثم تنتقل لباقي نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة ترفع النقطة من الطبيعة إلى اللوحة وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة، ثم تعين إتجاه الخطوط، وترصد مواقع ومناسيب نقط تغير إتحدار سطح الأرض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط ويجانبها بسجل مناسبها.
- ٩- نبداً في تعيين خطوط الكنتور حسب الفترة الكنتورية المطلوبة.

(٣) الطريقة المباشرة

ويستخدم هذه الطريقة في بعض الأحيان، ويحسن استخدام اللوحة المستوية في تنفيذها لأنها أسرع وأكثر ملاءمة.
خطوات العمل،

١- يشكل مضلع للمنطقة بحيث يمكن رؤيتها من رؤوسه ويرفع ثم يصحح ويوقع على لوحة.

٢- نضع البالانشاطية فوق إحدى نقط المضلع مثل س ونوجه أساسياً على نقطتين على الأقل مثل ع، ن شكل رقم (١٧٥). نحسب منسوب سطح الميزان بالرصد على نقطة معلومة أو إذا كان منسوب س معلوماً نقيس لإرتفاع خط النظر عن النقطة س في الطبيعة (خط نظر الأليداد)، ليكن لإرتفاع خط النظر ١,٤٤ متراً عن النقطة س في الطبيعة فيكون منسوب خط نظر الأليداد = $٣٨١ + ١,٤٤ = ٣٩,٥٤$ متراً.

٣- نطلب من حامل القامة التحرك على النقاط المختلفة في الأرض حتى نقرأ ٠,٥٤ على القامة فيكون منسوب النقطة الموضوع فوقها القامة (٣٩,٠ متراً) فتوقع النقطة بالأليداد بقياس المسافة إليها. نستمر في التحرك بالقامة ونوقع كما سبق كل نقطة القراءة عليها ٠,٥٤ وتتوصل هذه النقاط نحصل على خط كنتور (٣٩,٠ متراً).

٤- إذا أردنا تعيين خط كنتور (٣٨,٠ متراً) فنتبع نفس الطريقة مع أخذ النقاط التي عليها القراءة ١,٥٤ متر وهكذا بالنسبة لباقي خطوط الكنتور. نتقل إلى نقط المضلع الأخرى ونعيد العمل فنحصل أخيراً على مجموعة خطوط الكنتور، والشكل رقم (١٧٥) يبين موضع اللوحة للتعيين المباشرة.

إذا أردنا تعيين كنتور (٣٥,٠ متراً) من س فالقراءة اللازمة يجب أن تكون ٤,٥٤ متراً وهذه أكبر من طول القامة، أو إذا أردنا تعيين كنتور (٤٠,٠ متراً) فلا يمكننا ذلك لأن خط النظر يكون أوطى من سطح الأرض نفسها. وفي هاتين الحالتين يجب الانتقال إلى نقطة أخرى.

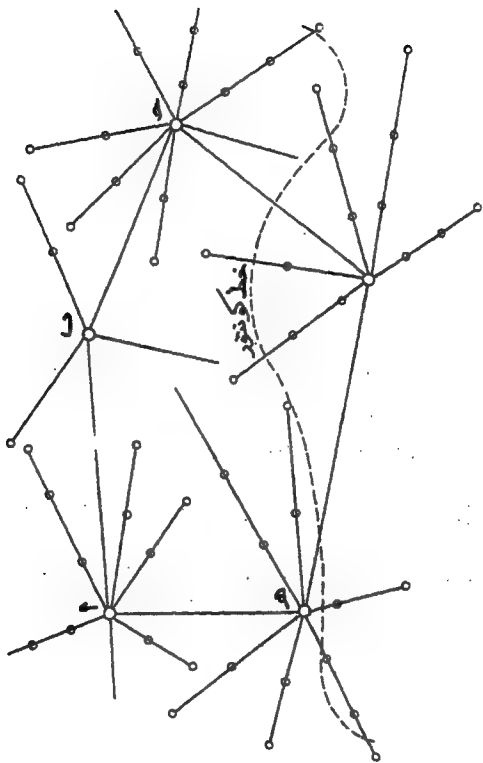
وهذه الطريقة ليست من السهولة بمكان إذ تحتاج إلى كثير من الجهد، وهي جيدة في الأراضي المستوية تقريباً. وإذا كانت للفترة الكتتورية كبيرة (حوالي مترين) فإنها تصبح مملة ومرهقة خاصة إذا كان حامل القامة ليس لديه الخبرة والدربة الكافية باختيار النقط الصحيحة فيجربى محاولات كثيرة قبل أن يتمكن الراصد من الحصول على نقط الكتتور اللازمة.

(٤) طريقة النقط المتفرقة

وتشبه إلى حد ما طريقة الأشماع.. وتستخدم في جميع أنواع الأراضي وخاصة المناطق التي تختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً، ويتم تنفيذ هذه الطريقة باستخدام اللوحة المستوية.

خطوات العمل:

- ١- نشكل المضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية جميع نقط المنطقة منها.
- ٢- نرفع المضلع ونصححه ونوقمه على اللوحة. نضع البلاشطية فوق إحدى نقط المضلع ولتكن (أ) شكل (١٧٦) ونوجهها أساساً على نقط المضلع الأخرى.
- ٣- نوجه إلى النقط التي يتغير فيها منسوب الأرض ونوقمها بقياس المسافات إليها بالشريط أو عن طريق الفرق بين شعرتي الاستاديا العليا والسفلى، ثم نعين منسوب كل من هذه النقط بتعيين منسوب سطح الجهاز وطرحد منها القراءة الوسطى على القامة في حالة ما إذا كان الاليداد أفقياً، أما إذا كان المنظار يحيل إلى أعلى أو إلى أسفل فتستخدم القوتاتين السابقة.
- ٤- بعد أخذ جميع نقط تغير سطح الأرض، تنتقل إلى (ب) النقطة التالية من نقط المضلع ونوجه الجهاز توجيهاً أساسياً ثم نكرر ما سبق عمله في النقطة (أ). تنتقل من نقطة المضلع إلى أخرى حتى تنتهي جميع النقط، بذلك نحصل على مجموعة من النقط المتفرقة للملومة المناسيب والتي تحدد أيضاً نقط تغير سطح الأرض.
- ٥- نبدأ في تعيين خطوط الكتتور من واقع مناسيب هذه النقط.



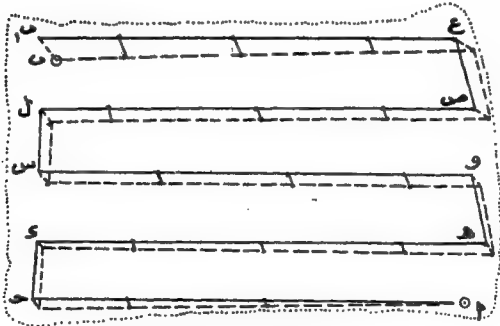
شكل رقم (١٧٦) طريقة النقاط المخرقة

(٥) طريقة خط السير

وتستخدم هذه الطريقة في المناطق التي تكثر فيها المباني التي تعمق الرؤية، وتنفذ باستخدام ميزان مزود بيوصلية حتى يمكن توقيع إنحرافات الخطوط.
خطوات العمل:

١- نفرض أننا نريد خريطة كتشورية للمنطقة المبنية في شكل (١٧٧) فتعين نقطة مثل (أ) معلومة في الطبيعة والخريطة لنبداً منها وكذلك نقطة مثل (ب) لننتهي عندها وتكون معلومة أيضاً في الطبيعة والخريطة. قد تكون هذه النقط نقط مضلع أو حدائد مصلحة المساحة مثلاً أو موجودة في الطبيعة ونوقعها في الخريطة.

٢- نضع الميزان فوق (أ) ونعين منسوب سطح الميزان ونأخذ إجماعاً يفضل أن يكون موازياً لحدود الأرض تقريباً مثل أ جـ، ونعين انحرافه وليكن 88° مثلاً. نأخذ على هذا الاتجاه النقط التي يتغير فيها منسوب الأرض. وإذا كان الخط طويلاً تنتقل على نفس الخط ونأخذ نفس الانحراف ونكمل الخط.

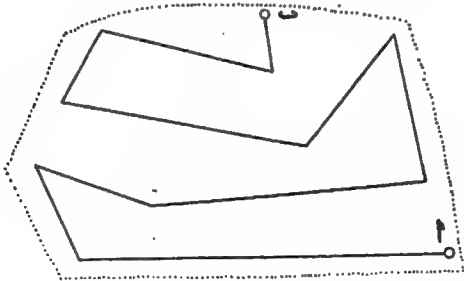


شكل رقم (١٧٧) (الخطوط المتقطعة بين مكان الخطوط بعد التصحيح)

٣- ننتقل إلى نهاية الخط (ح) ونعين إتجاه مثل حـ د بطول مناسب حسب طبيعة الأرض ونعين إنحراف جـ د. ننتقل إلى (د) ونعين إتجاه خط مثل د هـ موازياً جـ أ، أى ٢٦٨°. وهكذا نستمر من خط إلى آخر بنفس الطريقة مع أخذ النقط التي يتغير فيها سطح الأرض مع تعيين مسافات النقط حتى يمكن توقعها بعد ذلك، حتى نصل أخيراً إلى نقطة ب المعلومة وبفضل لو كانت معلومة المنسوب. نوزع الخطاً حسب المسافة لو كان هذا الخطاً مسموحاً به فى المنسوب.

٤- نبدأ بتوقيع النقط ومناسبتها فيجب عند وصولنا إلى ب ١ (الموقعة على الخريطة) ألا يتجاوز خطأ القفل ب ب١ واحداً فى المائة من مجموع أطوال الخطوط. يصحح خطأ القفل بنفس الطريقة التى سبق أن ذكرناها، ثم نرسم خطوط الكتور.

٥- يمكن السير فى أى إتجاهات بالبوصله وليس من الضروري أن تكون متوازية اذا استدعت طبيعة الأرض ذلك كما فى شكل رقم (١٧٨). يصحح خطأ القفل كما فى الحالة السابقة.



شكل رقم (١٧٨)

(٦) طريقة القطاعات الطولية والعرضية

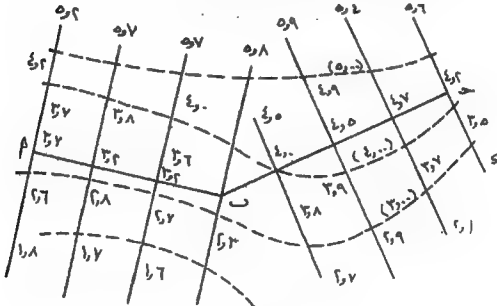
تطبق غالباً في المساحات اللازمة للمشروعات في شريط مستطيل من الأرض ،
وفى الأعمال التمهيدية كما فى مشروعات الطرق والسكك الحديدية والترع .
خطوات العمل :

١- تجرى الميزانية بعمل قطاعات طولية وعرضية كما سبق دراسته فى الفصل
السابق .

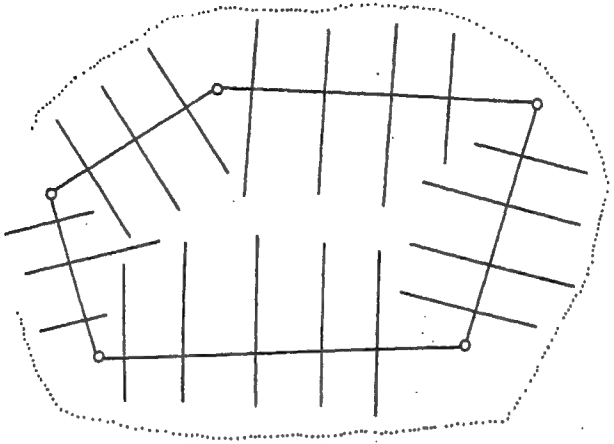
٢- يرسم محور المشروع والقطاعات العرضية بمقياس الرسم المطلوب لم تكتب
مناسب النقط عليها .

٣- من واقع المناسب نعين خطوط الكتور . وشكل رقم (١٧٩) يبين محور
المشروع أ ب جـ والقطاعات الميئية من واقع دفتر الميزانية وخطوط الكتور بعد
توقيعها .

٤- اذا كانت المنطقة متسعة فيمكن عمل توافيرس بها لرفعها لم تؤخذ قطاعات
عرضية على أبعاد مناسبة على كل خط من خطوط التوافيرس كما فى شكل
(١٨٠) وتحدد المناسب على كل قطاع عرضى بالميزان عند كل تغير فى
سطح الأرض والقطاعات تؤخذ كما هو مبين بالشكل .



شكل رقم (١٧٩)



شكل رقم (١٨٠) طريقة القطاعات
طرق رسم خطوط الكنتور

تعتبر اللوحة الموقع عليها نقط المناسب المرحلة الأولى لإنشاء خطوط الكنتور، إذ يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بخط منحنى هو خط كنتور يطلق عليه قيمة منسوب هذه النقط التي يربط بينها. ولا يشترط دائماً أن تجد نقط ذات منسوب يتفق مع خط الكنتو المراد إنشاؤه، فننقل المناسب لتحديد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة حسب إمكانات المساح الذي يحدد هذه النقط على الطبيعة، بينما ترسم خطوط الكنتور حسب الغرض المراد من إنشاء الخريطة. فإذا أردنا رسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع نقط المناسب المسجلة على الخريطة، أو بمعنى آخر أن نقط المناسب المتفقة معه في المنسوب غير كافية لإنشائه. تتبع

إحدى الطرق الآتية بشرط أن نضع فى الاعتبار أن أساس إيجاد وتحديد خطوط الكنتور هو اعتبار سطح الأرض منتظم الانحدار بين كل نقطتين متجاورتين، أى أن القطاع بين كل نقطتين متجاورتين عبارة عن خط مستقيم.

١- الطريقة الحسابية:

هذه الطريقة وإن كانت طويلة ومملة إلا أنها تناسب الأراضي التى تقل فيها حدة التضاريس بصورة كبيرة. وأساسها هو التقسيم التناسي بالحساب. ولتوضيح ذلك، نفرض أنه يراد تعيين مواقع خطوط الكنتور ٤٥، ٥٠، ٥٥ متراً فى المسافة المحصورة بين نقطتين منسوب كل منهما ٤٤، ٥٦ م. نصل بين هاتين النقطتين بخط مستقيم، ونعين طوله على الطبيعة بواسطة مقياس الرسم. فإذا كان طوله على الخريطة ٩،٦ سم وكان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠ مثلاً، فإن طوله على الطبيعة = ٩٦ متراً. ثم نعين فرق المنسوب بين النقطتين ٥٦ - ٤٤ = ١٢ متر. وبمسير تعيين مواقع خطوط الكنتور المطلوبة كالآتى:

١٢ متر فرق منسوب تقابل ٩٦ متر مسافة أفقية على الطبيعة

١ متر فرق منسوب تقابل ٨ متر مسافة أفقية على الطبيعة

$$\therefore ٨ = \frac{٩٦ \times ١}{١٢} \text{ أمتار}$$

أى أن خط كنتور ٤٥ يقع على بعد ٨ أمتار من نقطة منسوب ٤٤.

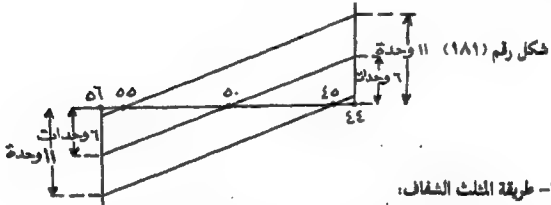
$$\text{وخط كنتور } ٥٠ \text{ متر يقع على بعد } ٤٨ = \frac{٩٦ \times ٦}{١٢} \text{ متراً}$$

$$\text{وخط كنتور } ٥٥ \text{ متر يقع على بعد } ٨٨ = \frac{٩٦ \times ١١}{١٢} \text{ متراً}$$

٢- طريقة النسبة والتناسب بالرسم:

فى المثال السابق لدينا منطقة محصورة بين منسوبى ٤٤، ٥٦ متراً، ويراد توقيع خطوط كنتور ٤٥، ٥٥، ٦٠. وباعتبار أن الانحدار منتظماً على سطح الأرض بين هاتين النقطتين، فيمكن معرفة مواقع نقط خطوط الكنتور المطلوبة

على أساس. أن خط كتور ٤٥ يرتفع عن نقطة ٤٤ بمقدار ١ م وينخفض عن نقطة ٥٦ بمقدار ١١ م. نرسم عموداً على الخط الواصل بين النقطتين عند نقطة ٤٤ طوله وحدة واحدة ولكن ١ سم أو ١ م أو ٢ م مثلاً، وترسم عموداً آخر عند نقطة ٥٦ طوله ١١ من نفس الوحدات السابق استعمالها في العمود السابق ولكن في الجهة العكسية. نصل بين طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الخط الواصل بين ٤٤، ٥٦ في نقطة هي موقع كتور ٤٥. وكذلك كتور ٥٠ يرتفع عن ٤٤ بمقدار ٦ م يمثلهم بمحور طوله ٦ وحدات طولية، وينخفض عن ٥٦ بمقدار ٦ م يمثلهم بمحور في الجهة العكسية طوله ٦ وحدات أيضاً وتتوصل طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الخط الآخر في نقطة هي موقع كتور ٥٠. ونفس الطريقة يمكن تعيين كتور ٥٥ شكل (١٨١).

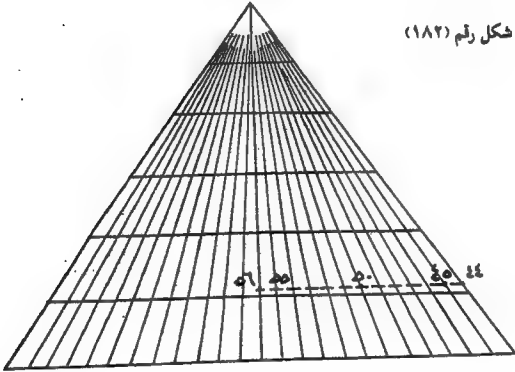


تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة المستعملة كثيراً وتتلخص فيما يلي:

- أ) احضر ورقة، وارسم عليها خط وليكن أ ب بطول مناسب وليكن ٢٠ سم وقسمه إلى قسمين متساويين وفي نقطة المنتصف يقام عمود بأى طول وليكن ٢٥ سم. نصل نهايته بكل من أ، ب.
- ب) قسم الخط أ ب إلى ٥ أقسام متساوية وليكن طول كل منها ١ سم. وصل نقط التقسيم هذه بطرف العمود أيضاً. مع ملاحظة قطع الخطوط قرب قمة العمود حتى لا تتلاحم وتتطمس.
- ج) قسم العمود إلى ٥ أقسام وأرسم من نقط التقسيم خطوطوازية الخط أ ب.
- د) لتعيين موقع خط ٤٥ مثلاً (في المثال السابق) ضع الورقة الشفافة على لوحة

المناسب وأجعل الخط الواصل بين نقطتي المنسوب ٤٤، ٥٦ يوازي أ ب أو أى خط أفقى آخر، ونحرك الشفافة إلى أعلى أو أسفل مع الاحتفاظ بالتوازي حتى يأتى وضع ينطبق فيه نقطتي المنسوب ٤٤، ٥٦ على شعاعين الفرق بينهما ١٢ قسماً. وبهذا يكون الخط بين نقطتي المنسوب مقسماً إلى ١٢ قسماً متساوياً هو مقدار فرق المنسوب. فعلى بعد قسم واحد يقع كتور ٤٥ وعلى بعد ٦ أقسام يقع منسوب ٥٠ وعلى بعد ١١ قسماً يقع منسوب ٥٥. وباستعمال دبوس إبرة يجرى تعيين هذه النقاط شكل (١٨٢).

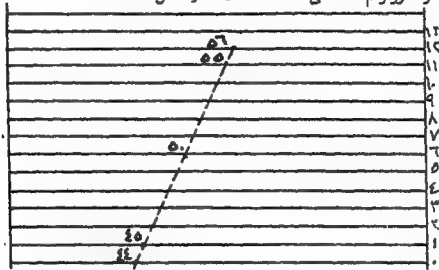
شكل رقم (١٨٢)



٤- طريقة الخطوط المتوازية:

يرسم على ورقة شفافة خطوط متوازية بطول مناسب وعلى مسافات متساوية، ونرسم من أسفل بدءاً من الصفر. ولتعيين مواقع خطوط كتور ٤٥، ٥٠، ٥٥، نضع الخط الأفقى السفلى المرقم برقم صفر على نقطة منسوب ٤٤. ندير ورقة الشفاف حتى تقع نقطة منسوب ٥٦ على الخط الثانى عشر من الخطوط الأفقية.

يكون موقع خط كتشور ٤٥ على الخط رقم ١ وكتشور ٥٠ على الخط رقم ٦، وكتشور رقم ٥٥ على الخط الحادى عشر شكل (١٨٣).



شكل رقم (١٨٣)

٥- طريقة المثلث والمسطرة:

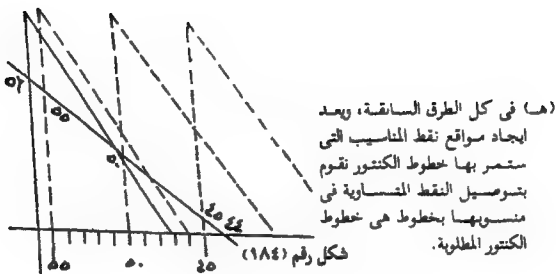
يستعمل مثلث صغير قائم الزاوية ومسطرة بالطريقة الآتية:

(أ) نضع حافة المسطرة على الخط الواصل بين ٤٤، ٥٦ بحيث يقع تدريج ٤٤ سم على المسطرة مماسة لنقطة منسوب ٤٤، ورأس القائمة بالمثلث عند تدريج ٥٦ سم على المسطرة.

(ب) حرك المسطرة والمثلث على هذا الوضع حتى تقع نقطة منسوب ٥٦ مماسة لضلع المثلث القائم بشرط المحافظة على تماس تدريج ٤٤ على المسطرة بنقطة منسوب ٤٤.

(ج) ثبت المسطرة وحرك المثلث على حافتها حتى تقع رأس المثلث القائمة على تدريج ٤٥ سم فترسم خطاً على حافة المثلث ليقطع الخط الواصل بين ٤٤، ٥٦ فى نقطة هى منسوب ٤٥. وهكذا يجرى تعيين منسوب (كتشور) ٥٠، ٥٥ م.

(د) يمكن التصرف فى الأحوال التى يكون فيها فرق المنسوب أكبر من سعة المسطرة. فمثلاً لا يمكن استخدام مسطرة يصل تدريجها إلى ٤٤ أو ٥٦ سم، وفى هذه الحالة يمكن استعمال التدريج صفر، ١٢ سم على المسطرة. أى الفرق بين المنسوبين وهذه الطريقة من أدق وأسرع الطرق المستعملة شكل رقم (١٨٤).



حساب كميات الحفر والردم

أولاً: كميات الحفر والردم من القطاعات:

١- من القطاعات الطولية:

تعتبر القطاعات الطولية من المعلومات الضرورية لدراسة كميات الحفر والردم في كثير من المشروعات، خصوصاً تلك التي لا تحتاج إلا لارض محدود مثل وضع ماسورة مياه أو صرف صحي أو مد أسلاك خطوط التليفون وأنابيب الغاز، حيث يمكن إعتبار مناسيب خط محور القطاع بمثابة لمناسيب القطاع العرضي للأرض. فان حساب الكميات في مثل هذه الحالات يمكن إعدادها من قطاع طولي فقط على محور المشروع إما على مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار، أو عند نقط التغيير في الانحدار. ثم يرسم القطاع الطولي في إتجاه المشروع بمقياس رسم مناسب على لوحة ملليمترية، وبعد رسم القطاع يوقع عليه خط الانشاء المقترح بنفس مقياس الرسم مع بيان منسوبه عند البداية والنهاية وعند النقط التي يتغير عندها الانحدار، إذ قد يكون خط الانشاء له إنحدارات مختلفة لأغراض فنية أو اقتصادية. وسواء كان محور المشروع خطاً مستقيماً أو منكسراً أو منحنيًا، فإننا نعالجه كما لو كان في إتجاه مستقيم. والمثال التالي يوضح كيفية حساب كميات الأثرية الناتجة عن الحفر أو الردم.

أخذت المناسيب والمسافات الآتية في ميزانية على محور طريق يكون من خطين (أ ب، ب ج) يصنعان زاوية قدرها ١٢٠° لوضع ماسورة مياه تصل بين أ، ج. فإذا كان قطر الماسورة ٧٥ سم والحفر يزيد بمقدار ٢٥ سم

على كل من جانبي الماسورة، وارتفاع الحفر عند $\approx 1,70$ م وانحدار الماسورة $1:100$ إلى أسفل من أ إلى ب و $1:100$ إلى أسفل من ب إلى جـ.

المسافة (م) صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠ (ب)	٦٠	٧٠ (جـ)
النسوب (م)	٧,٣	٧,٩	٦,٧	٥,٨	٦,٦	٧,٢	٦,٨ ٦,٢

والمطلوب حساب حجم الأتربة الواجب حفرها.

الحل:

١- يرسم القطاع الطولي لسطح الأرض بمقياس رسم مناسب وليكن $1:500$ للرأسى.

٢- يضاف أسفل القطاع الطولي مجموعة من الخانات الأفقية تمتد بطول القطاع تبدأ من أعلى إلى أسفل تختص الخانة الأولى بالمسافة والثانية بالنسب ومن ياناتها يتم رسم القطاع.

٣- الخانة الثالثة منسوب الانشاء توجد مناسب النقط على خط الانشاء المقابلة لنقط تغير إنحدار سطح الأرض كما هو مبين في شكل (١٨٥).

٤- الخانة الرابعة إرتفاع الحفر توجد لإرتفاع الحفر عند كل نقطة بايجاد الفرق بين منسوب سطح الأرض ومنسوب سطح الانشاء، وتسجل في خانة إرتفاع الحفر.

٥- الخانة الخامسة توجد المساحة الجانبية بطريقة أشباه المنحرفات. وإذا كانت المسافات مختلفة يحسب كل جزء على حده.

٦- توجد عرض الحفر وهو = قطر الماسورة + ٢٥ سم من كل جانب أى $0,75 + 0,25 + 0,25 = 1,25$ متر.

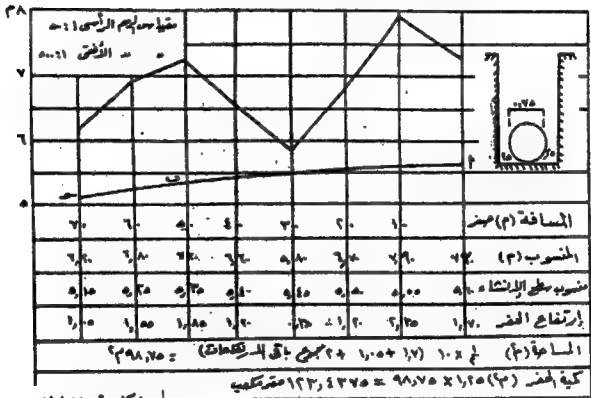
٧- الخانة السادسة: توجد كمية الحفر وهي = المساحة الجانبية \times عرض الحفر.

٢- من القطاعات العرضية:

تشكل القطاعات العرضية عندما يكون عرض المشروع كبيراً ومناسب النقط على المحور لاتمثل مناسب القطاع العرضى للأرض عند هذه النقطه. والقطاعات

العرضية تقسم الأرض إلى أقسام كل منها قاعدته المتوازيتان هما القطاعان العرضيان المتتاليان وطوله المسافة العمودية بين القطاعين ومن أهم الأمثلة التي تطبق فيها هذه الطريقة حالات الترع والجسور وجسور السكك الحديدية والطرق ومخلافه، ولايجاد الحجم الكلى تجرى خطواتين:

١- توجد مساحة كل قطاع عرضى وهو عبارة عن المساحة المحصورة بين خط الانشاء وسطح الأرض الطبيعى. وهذه المساحة تكون إما:



شكل رقم (١٨٥)

(أ) شكل غير منتظم ونوجد مساحته بأى طريقة من طرق إيجاد المساحات السابق شرحها.

(ب) شكل منتظم تطبق عليه القوانين الرياضية المعروفة.

٢- نوجد الحجم أو الكميات بتطبيق معادلات خاصة تشبه معادلات إيجاد المساحات مع استبدال أطوال الأعمدة فيها بمساحات القطاعات المتتالية واستبدال المسافة بين الأعمدة بالبعد بين القطاعات العرضية. وذلك كالآتى:

طريقة متوسط القطاعات:

لايجاد حجم جسم معلوم قطاعاته العرضية المختلفة نفرض أن:

مساحات القطاعات = س_١، س_٢، س_ن + ١ (شكل رقم ١٨٦)

المسافة بين كل قطاعين متتاليين = ع وعدد الأقسام = ن

$$\text{الحجم} = ع \times ن \times \frac{\text{س}_١ + \text{س}_٢ + \text{س}_٣ + \text{س}_٤ + \text{س}_٥ + \text{س}_٦ + \text{س}_٧ + \text{س}_٨ + \text{س}_٩ + \text{س}_١٠ + \text{س}_١١ + \text{س}_١٢ + \text{س}_١٣ + \text{س}_١٤ + \text{س}_١٥ + \text{س}_١٦ + \text{س}_١٧ + \text{س}_١٨ + \text{س}_١٩ + \text{س}_٢٠ + \text{س}_٢١ + \text{س}_٢٢ + \text{س}_٢٣ + \text{س}_٢٤ + \text{س}_٢٥ + \text{س}_٢٦ + \text{س}_٢٧ + \text{س}_٢٨ + \text{س}_٢٩ + \text{س}_٣٠ + \text{س}_٣١ + \text{س}_٣٢ + \text{س}_٣٣ + \text{س}_٣٤ + \text{س}_٣٥ + \text{س}_٣٦ + \text{س}_٣٧ + \text{س}_٣٨ + \text{س}_٣٩ + \text{س}_٤٠ + \text{س}_٤١ + \text{س}_٤٢ + \text{س}_٤٣ + \text{س}_٤٤ + \text{س}_٤٥ + \text{س}_٤٦ + \text{س}_٤٧ + \text{س}_٤٨ + \text{س}_٤٩ + \text{س}_٥٠ + \text{س}_٥١ + \text{س}_٥٢ + \text{س}_٥٣ + \text{س}_٥٤ + \text{س}_٥٥ + \text{س}_٥٦ + \text{س}_٥٧ + \text{س}_٥٨ + \text{س}_٥٩ + \text{س}_٦٠ + \text{س}_٦١ + \text{س}_٦٢ + \text{س}_٦٣ + \text{س}_٦٤ + \text{س}_٦٥ + \text{س}_٦٦ + \text{س}_٦٧ + \text{س}_٦٨ + \text{س}_٦٩ + \text{س}_٧٠ + \text{س}_٧١ + \text{س}_٧٢ + \text{س}_٧٣ + \text{س}_٧٤ + \text{س}_٧٥ + \text{س}_٧٦ + \text{س}_٧٧ + \text{س}_٧٨ + \text{س}_٧٩ + \text{س}_٨٠ + \text{س}_٨١ + \text{س}_٨٢ + \text{س}_٨٣ + \text{س}_٨٤ + \text{س}_٨٥ + \text{س}_٨٦ + \text{س}_٨٧ + \text{س}_٨٨ + \text{س}_٨٩ + \text{س}_٩٠ + \text{س}_٩١ + \text{س}_٩٢ + \text{س}_٩٣ + \text{س}_٩٤ + \text{س}_٩٥ + \text{س}_٩٦ + \text{س}_٩٧ + \text{س}_٩٨ + \text{س}_٩٩ + \text{س}_١٠٠}{ن + ١}$$

ونعتبر هذه الطريقة أقل الطرق دقة ويزداد الخطأ فيها كلما كانت الفروقات بين المساحات كبيرة وهي تستعمل في التقدير المبدئي والأعمال التمهيدية.

طريقة متوسط القاعدتين:

حجم الجسم بين أى قطاعين متتاليين = $\frac{1}{2} (س_١ + س_٢) \times ع$

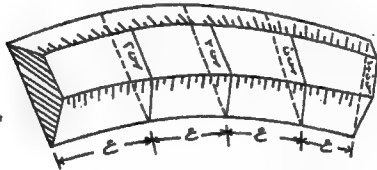
حيث س_١، س_٢ مساحتا قاعدتي الجسم

وإذا كان الجسم مكوناً من عدة قطاعات على أبعاد متساوية (ع) فإن:

الحجم = $\frac{1}{2} ع (القطاع الأول + القطاع الأخير + ضعف القطاعات الباقية)$

= $\frac{1}{2} ع (س_١ + س_٢ + ٢(س_٣ + س_٤ + س_٥ + س_٦ + س_٧ + س_٨ + س_٩ + س_١٠ + س_١١ + س_١٢ + س_١٣ + س_١٤ + س_١٥ + س_١٦ + س_١٧ + س_١٨ + س_١٩ + س_٢٠ + س_٢١ + س_٢٢ + س_٢٣ + س_٢٤ + س_٢٥ + س_٢٦ + س_٢٧ + س_٢٨ + س_٢٩ + س_٣٠ + س_٣١ + س_٣٢ + س_٣٣ + س_٣٤ + س_٣٥ + س_٣٦ + س_٣٧ + س_٣٨ + س_٣٩ + س_٤٠ + س_٤١ + س_٤٢ + س_٤٣ + س_٤٤ + س_٤٥ + س_٤٦ + س_٤٧ + س_٤٨ + س_٤٩ + س_٥٠ + س_٥١ + س_٥٢ + س_٥٣ + س_٥٤ + س_٥٥ + س_٥٦ + س_٥٧ + س_٥٨ + س_٥٩ + س_٦٠ + س_٦١ + س_٦٢ + س_٦٣ + س_٦٤ + س_٦٥ + س_٦٦ + س_٦٧ + س_٦٨ + س_٦٩ + س_٧٠ + س_٧١ + س_٧٢ + س_٧٣ + س_٧٤ + س_٧٥ + س_٧٦ + س_٧٧ + س_٧٨ + س_٧٩ + س_٨٠ + س_٨١ + س_٨٢ + س_٨٣ + س_٨٤ + س_٨٥ + س_٨٦ + س_٨٧ + س_٨٨ + س_٨٩ + س_٩٠ + س_٩١ + س_٩٢ + س_٩٣ + س_٩٤ + س_٩٥ + س_٩٦ + س_٩٧ + س_٩٨ + س_٩٩ + س_١٠٠)$

وهذا القانون يشبه قانون شبه المنحرفات في المساحات.



شكل رقم (١٨٦)

ثانياً: تسوية الأراضي:

يعتبر موضوع تسوية الأراضي من الموضوعات الهامة في مصر الآن حيث يجري إستصلاح مئات الآلاف من الأفدنة. وتتطلب العمليات الزراعية المختلفة أرضاً يتيسر للمياه أن تسرى فوقها بالتساوي دون أن تحدث نحرّاً وتآكلاً في الأرض، فالأرض ينبغي أن يكون لها إنحداراً مستمراً منتظماً لمسافات طويلة بقدر

لا مكان وفي أى اتجاه. وقبل الدخول فى تفاصيل العمل الساحى يجب الإشارة إلى أنه من الأهمية بمكان عند تسوية الأرضى إختيار الوقت الملائم لعملية التسوية وعادة ما يكون ذلك فى فصل الجفاف.

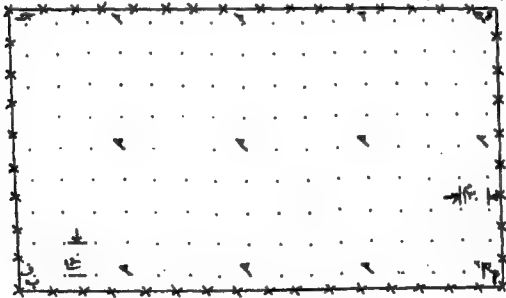
٩- العمل الساحى:

يتوقف حجم العمل الساحى ونوعه على مقدار المعلومات المطلوبة لتحمين إنحدارات الأرض وكمية الحفر والردم اللازم نقلها واتجاه النقل. ويتم العمل الساحى بالخطوات التالية:

أ- وضع العلامات والأوتاد: توضع أوتاد أو علامات فى النقاط التى يراد إيجاد مناسيبها وبيان عمق الحفر وارتفاع الردم اللازم عندنا للحصول على أرض مستوية لها الميل أو الانحدار المطلوب وتوضع هذه الأوتاد حسب نظام معين كالمبين فى شكل (١٨٧). وإذا كان لقطعة الأرض المطلوب تسويتها ضلعان متعامدان ومستقيمان. فإن عملية دق الأوتاد تصبح سهلة نسبياً. أما إذا كانت حدود قطعة الأرض متعرجة فيجب إنشاء خطين مستقيمين يمتدشان مع حدود المنطقة. تدق الأوتاد على مسافات متساوية كل ٢٠ أو ٣٠ متراً فى خطوط توازى الحدين الجانبين المستقيمين، وبذلك تتكون لدينا شبكة من المربعات أو المستطيلات. الا أنه فى بعض الأحوال تكون عبارة عن مجموعة من متوازيات الأضلاع تناسب قطعة الأرض. وفى هذه الحالة يجب قياس الزاوية بين الضلعين. يدق الوتد على مسافة نصف الفترة بين المخطات من كل حدى الأرض وعليه راية، وتوضع رايات مؤقتة عند ب، جـ، د. تدق أوتاد على مسافات متساوية (غالباً ٣٠ م) من أ فى اتجاه ب. فإذا كانت الراية المثبتة فى ب تقع على مسافة ٣٠ م من الوتد الذى قبلها دق أسفلها وتد وثبتت أو أنها تنقل حتى تقع على نهاية مسافة كاملة. وبالمثل يتبع فى المسافة من أ إلى د. ثم يقاس الخط ب جـ أو د جـ أيهما أنسب مساوياً لنظيره أ د أو أ ب، وتدق عليه أوتاد مؤقتة وتوضع عليها أعلام. ويلاحظ عند دق الأوتاد أن تثبت راية فوق كل خامس وتد. ويحدد مكان كل وتد بحرف ورقم (نظام الاحداثيات) كما هو متبع تماماً فى الميزانية الشبكية بواسطة الميزان السابق شرحها.

ب- إنشاء الخرائط الطبوغرافية: يستعمل ميزان وقامة لتمييز مناسيب النقاط وتعيين مواقعها على خريطة أساس. وقد ذكرت طريقة العمل في الميزانية الشكبية. ويكفى أن تأخذ القراءات لمساحة قدرها ١٥ فدان تقريباً (أى ٢٥٠ × ٢٥٠ متراً) من وضع واحد للميزان يوضع فى منتصف المساحة أى على بعد ١٢٥ متراً من كل حدودها بشرط أن لا يزيد الاختلاف فى المناسيب عن طول القامة، وألا توجد عوائق تعترض الرصد، وأن يكون الميزان ثابتاً غير متأثر بالرياح. أما فى المساحات الكبيرة فينبغى نقل الميزان، وتوضع فى نقط الدوران أوتاد مميزة تدق حولها علامات لإمكان الاستدلال عليها والرجوع إليها عند الحاجة.

ج- خريطة الأساس: عبارة عن لوحة مقسمة إلى مربعات مرسومة على لوحة خفيفة لتدوين المناسيب والأرصاء. هذه المربعات المطبوعة تمثل نظام الأوتاد، ويضع كل مربع يمثل المسافة بين كل وتدين متتاليتين، والأركان هى أماكن الأوتاد، ويوضع حدود الأرض على هذه اللوحة تكمل الخريطة. وتدون على الخريطة كل المعلومات المساحية ومنسوب كل ركن من الأركان. - يرسخ أفقياً وعلى يمين الركن المقصود، ما هذا منسوب نقط الدوران فإنها توضع فى إتجاه قطر المربع أى فى إتجاه مائل، كما أنه يمكن تمييز نقط الدوران بوضعها داخل قوسين أو مثلث صغير.



شكل رقم (١٨٧)

د- خطوط الكتتور: ترسم خطوط الكتتور من واقع المناسيب كما أوضحنا سابقاً. ويجب في مثل هذه الحالة (تسوية الأراضي) أن تكن الفترة الكتتورية محدودة تتراوح من ٥ سم إلى ٢ متر حسب درجة إنحدار سطح الأرض. ولتعب خطوط الكتتور دوراً هاماً في إختيار وحدات المساحات لتسوية كل منها على حدة. فيجب ألا تسوى الأرض كلها مرة واحدة ولكن تسوى الأرضى شديدة الانحدار كوحداث منفصلة.

٢- حسابات تسوية الأراضي:

المثال التالى يوضح كيفية حساب مكعبات الحفر أو الردم لتسوية الأرضى:
قطعة أرض أبعادها ٢٤٠ × ١٨٠ م أجزيت لها ميزانية شبكية على شكل مربعات طول ضلع المربع ٣٠ م وباد تسويتها ، وكانت المناسيب كمايلى :

٠٢,٢٨	٠٢,١٦	٠٢,٠١	٠٣,٢٥	٠٣,٤٢	٠٣,٨٧	٠٣,٩٦	٠٤,٢١	٠٤,٣٢
٠٢,١٦	٠٢,٣٦	٠٢,٨٨	٠٣,١٠	٠٣,٢٦	٠٣,٦٦	٠٣,٩٢	٠٤,١٠	٠٤,٣٤
٠٣,٠١	٠٣,٤٢	٠٣,٥٦	٠٣,٨١	٠٣,٩٩	٠٤,١٠	٠٤,٣٥	٠٤,٧٦	٠٥,٠٠
٠٣,٢٤	٠٣,٥٦	٠٣,٩١	٠٤,٢٠	٠٤,٢٠	٠٤,٥٠	٠٤,٨٠	٠٤,٩٥	٠٥,١٧
٠٣,٦٠	٠٣,٩٠	٤,٠٠	٠٤,١٨	٠٤,٢٩	٠٤,٤٢	٠٤,٧٢	٠٤,٩٤	٠٥,٢٠
٠٤,٠٠	٠٤,٢٢	٠٤,٤٨	٠٤,٧٢	٠٤,٩٢	٠٥,١٠	٠٥,٥٦	٠٦,٠٠	٠٦,٢٠
٠٤,٦٠	٠٤,٩٣	٠٥,٤٠	٠٥,٨٢	٠٦,٠٣	٠٦,٤٢	٠٦,٧٦	٠٦,٩٦	٠٧,٣٢

$$١- \text{مساحة قطعة الأرض} = ٢٤٠ \times ١٨٠ = ٤٣٢٠٠ \text{ م}^2$$

$$٢- \text{متوسط منسوب سطح الأرض} = \frac{\text{مجموع المناسيب}}{\text{عدد المناسيب}} = \frac{٢٧٢,٤٨}{٦٣} = ٤,٣٢٥ \text{ م}$$

وهذا المتوسط يعتبر منسوب التسوية.

٣- بحسب عمق الحفر أو ارتفاع الردم عند كل نقطة، وذلك بطرح منسوب سطح الأرض من منسوب التسوية (متوسط منسوب سطح الأرض) عند كل نقطة. وبفرق هذا الفرق فى جدول كما فى الجدول التالى.

٤- يتضح من الجدول أن عدد النقط التى يلزم عندها الحفر = ٢٨ نقطة وأن عدد النقط التى يلزم عندها السردم = ٣٥ نقطة

٢	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	٣	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	٤	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	٥	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم
١	٤,٣٢		٠,٠٠	٢٢	٤,١٠		٠,٠٠	٢	٤,٣٢		٠,٠٠	٢٣	٤,٢١		٠,١١
٢	٤,٢١		٠,١١	٢٤	٣,٩٩		٠,١١	٢٤	٣,٩٦		٠,١٦	٢٥	٣,٨٧		٠,١٥
٣	٣,٩٦		٠,١٦	٢٥	٣,٨١		٠,١٦	٢٦	٣,٤٢		٠,١٦	٢٧	٣,٢٥		٠,١٧
٤	٣,٨٧		٠,١٥	٢٦	٣,٥٦		٠,١٥	٢٨	٢,٣١		٠,١٧	٢٩	٢,٠١		٠,١٧
٥	٣,٤٢		٠,١٦	٢٧	٣,٠١		٠,١٧	٣٠	٢,١٦		٠,١٦	٣١	٢,٠٤		٠,١٦
٦	٣,٢٥		٠,١٧	٢٨	٢,٥٦		٠,١٦	٣١	٢,٠٤		٠,١٦	٣٢	١,٩٠		٠,١٦
٧	٢,٠١		٠,١٧	٢٩	٢,١٦		٠,١٦	٣٢	١,٩٠		٠,١٦	٣٣	١,٧٠		٠,١٦
٨	٢,١٦		٠,١٦	٣٠	٢,٠٤		٠,١٦	٣٣	١,٧٠		٠,١٦	٣٤	١,٥٠		٠,١٦
٩	٢,٢٨		٠,١٦	٣١	١,٧٠		٠,١٦	٣٥	١,٣٠		٠,١٦	٣٦	١,١٠		٠,١٦
١٠	٢,٣٤		٠,١٦	٣٢	١,٥٠		٠,١٦	٣٧	١,١٠		٠,١٦	٣٨	٠,٩٠		٠,١٦
١١	٢,١٠		٠,١٦	٣٣	١,٣٠		٠,١٦	٣٩	٠,٩٠		٠,١٦	٤٠	٠,٧٠		٠,١٦
١٢	٢,٩٢		٠,١٦	٣٤	١,١٠		٠,١٦	٤١	٠,٥٠		٠,١٦	٤٢	٠,٣٠		٠,١٦
١٣	٢,٦٦		٠,١٦	٣٥	٠,٩٠		٠,١٦	٤٣	٠,١٠		٠,١٦	٤٤	٠,٠٠		٠,١٦
١٤	٢,٢٦		٠,١٦	٣٦	٠,٧٠		٠,١٦	٤٥	٠,٠٠		٠,١٦	٤٦	٠,٠٠		٠,١٦
١٥	٢,١٠		٠,١٦	٣٧	٠,٥٠		٠,١٦	٤٧	٠,٠٠		٠,١٦	٤٨	٠,٠٠		٠,١٦
١٦	٢,٨٨		٠,١٦	٣٨	٠,٣٠		٠,١٦	٤٩	٠,٠٠		٠,١٦	٥٠	٠,٠٠		٠,١٦
١٧	٢,٣٦		٠,١٦	٣٩	٠,١٠		٠,١٦	٥١	٠,٠٠		٠,١٦	٥٢	٠,٠٠		٠,١٦
١٨	٢,١٦		٠,١٦	٤٠	٠,٠٠		٠,١٦	٥٣	٠,٠٠		٠,١٦	٥٤	٠,٠٠		٠,١٦
١٩	٠,٠٠		٠,١٦	٤١	٠,٠٠		٠,١٦	٥٥	٠,٠٠		٠,١٦	٥٦	٠,٠٠		٠,١٦
٢٠	٤,٧٦		٠,١٦	٤٢	٠,٠٠		٠,١٦	٥٧	٠,٠٠		٠,١٦	٥٨	٠,٠٠		٠,١٦
٢١	٤,٣٥		٠,١٦	٤٣	٠,٠٠		٠,١٦	٥٩	٠,٠٠		٠,١٦	٦٠	٠,٠٠		٠,١٦

٢٧,٢٦٥ ٢٧,٢٧٠ ٢٧,٢٨٠ = المجموع

$$\therefore \text{متوسط عمق الحفر} = \frac{\text{مجموع أعماق الحفر}}{\text{عدد نقط الحفر}} = \frac{27,270}{28} = 0,974 \text{ م}$$

$$\text{متوسط ارتفاع الردم} = \frac{\text{مجموع أعماق الحفر}}{\text{عدد نقط الحفر}} = \frac{27,265}{35} = 0,779 \text{ م}$$

٥- بالنسبة والتناسب تحسب مساحة الجزء المحفور وكذلك الجزء المردوم.

$$\text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{28}{73} \times 43200 = 19200 \text{ م}^2$$

$$\text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{35}{73} \times 43200 = 24000 \text{ م}^2$$

$$6- \therefore \text{مكعبات الحفر} = 0,974 \times 19200 = 18700,80 \text{ م}^3$$

$$\therefore \text{ومكعبات الردم} = 0,779 \times 24000 = 18696,00 \text{ م}^3$$

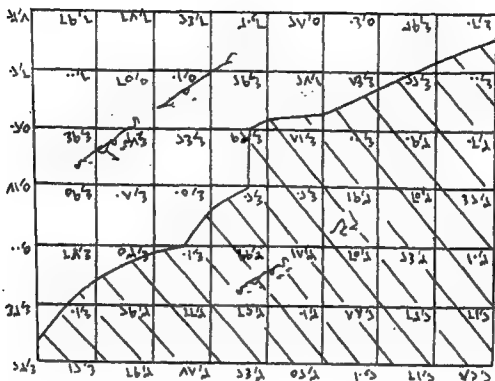
$$7- \text{متوسط مكعبات التسوية} = \frac{18696 + 18700,80}{2} = 18698,4 \text{ م}^3$$

$$8- \text{مساحة قطعة الأرض بالفدان} = \frac{43200}{420,83} = 10,284 \text{ فدان}$$

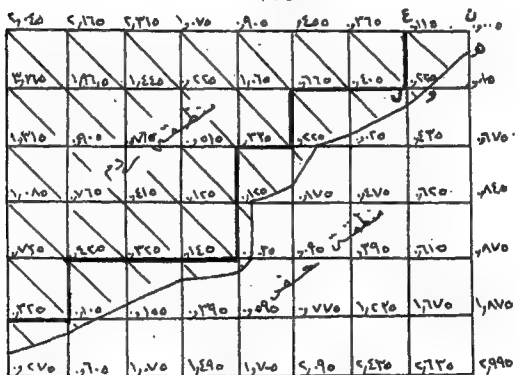
$$\begin{array}{ccc} \text{د} & \text{د} & \\ 10 & 6 & 19,58 = \end{array}$$

$$\therefore \text{متوسط ما يخص الفدان من مكعبات التسوية} = \frac{18698,4}{10,284} = 1818,20 \text{ م}^3$$

نلاحظ في هذه الطريقة أن منسوب التسوية هو متوسط مناسيب سطح الأرض عند أركان كل مربع في الشبكة، وأصبح معلوماً لدينا كميات الأتربة الناتجة من الحفر واللازمة للردم. وهذه الطريقة تصلح عند التقديرات الأولى قبل تنفيذ مشروع التسوية بصفة عامة، ولكنها قاصرة بالنسبة للنواحي الهندسية. صحيح معلوم لدينا منسوب سطح الأرض وارتفاع الردم وعمق الحفر عند النقطة إلا أنه عند التنفيذ يلزم معرفة مساحات الردم والحفر بدقة حتى تتمكن الآلات من العمل أو بمعنى آخر أين ينتهي الحفر وأين يبدأ الردم بالضبط.



شکل رقم (۱۸۸)



شکل رقم (۱۸۹)

لذلك يجب تعيين الخط الفاصل بين الحفر والردم. وفي العادة يكون هذا الخط غير منتظم لأنه عبارة عن خط كنتور منسوبه هو منسوب التسوية ولا يوجد حفر أو ردم عند أى نقطة عليه.
لذلك نقوم بإجراء مايلي:

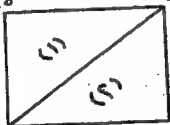
١- يمين خط كنتور منسوب التسوية والذي يفصل بين منطقة الحفر ومنطقة الردم شكل رقم (١٨٨).

٢- يمين ارتفاعات الحفر والردم عند أركان مربعات الشبكة بين حدود الخط الفاصل بين الحفر والردم. وقد يرمز للحفر برمز (ح) بجوار رقم العمق الدال عليه، أما الارتفاع الدال على الردم فلا يرمز له بشيء. كما هو مبين في الشكل رقم (١٨٩)

٣- تجرى حساب مكعبيات الأتربة داخل كل مربع على أساس أنه مربع ذو ارتفاعات مختلفة عند أركانه. وذلك بضرب مساحة المربع في متوسط منسوب الحفر أو الردم عند أركانه الأربعة.

٢,٠٨٥

٢,١٦٥



فمثلاً عند حساب المربع شكل رقم (١٩٠)

$$\text{مساحة القاعدة} = 30 \times 30 = 900 \text{ م}^2$$

$$\text{متوسط عمق الردم} = 2,085 \text{ م}$$

$$\text{كمسية الردم} = 900 \times 2,085 = 1876,5 \text{ م}^3 \quad 8096,5 \text{ م}^3 \text{ شكل رقم (١٩٠) } 2,165$$

٤- يفضل عادة تقسيم الأرض إلى مثلثات بأقطار المربعات أو المستطيلات. ويجب اختيار القطر في الغيط أثناء العمل المساحي الذي يطابق سطح الأرض تقريباً. إذ يكون أحياناً سطح الأرض داخل المربع أو المستطيل عبارة عن مستويين، فنصل القطر الذي يقسم السطح إلى مستويين وتعالج كل جزء على حده. ففي الشكل يتضح أن القطر الواصل بين منسوب ٢,١٦٥ ومنسوب ٢,١٦٥ هو الصحيح لأنه يقسم المربع إلى مستويين منفصلين. وفي العادة نصل الأركان ذات القيم المتقاربة.

٥- نأى بحجم كل جزء على حده ونجمع الأجزاء ففي الشكل رقم (١٩٠) حجم الردم في المثلثين (١)، (٢).

$${}^2م ٩٥٦,٢٥ = \frac{٢,١٦٥ + ٢,٠٤٥ + ٢,١٦٥}{٣} \times \frac{٣٠ \times ٣٠}{٢} =$$

$${}^2م ٩٤٤,٢٥ = \frac{٢,١٦٥ + ١,٩٦٥ + ٢,١٦٥}{٣} \times \frac{٣٠ \times ٣٠}{٢} =$$

∴ حجم الردم في المربع = ٩٤٤,٢٥ + ٩٥٦,٢٥ = ١٩٠٠,٥٠ م^٢

(قارن النتيجة السابقة في بند ٣ والنتيجة في بند ٥).

٦- يمكن تبسيط العملية الحسابية كثيراً. فنلاحظ في منطقة الردم ومنطقة الحفر أن هناك مربعات كاملة كالمبينة بخط سميك في منطقة الردم في شكل (١٨٩). وهذه يمكن حسابها على حدة بالطريقة الآتية:

نلاحظ عند جمع الحجوم الجزئية، أن بعض الارتفاعات تتكرر في الحساب بعضها مرة واحدة والبعض يتكرر مرتان لاشتراكه في مثلثين أو ثلاث مرات لاشتراكه في ثلاثة مثلثات وهكذا. فمثلاً في شكل (١٩٠) الارتفاع ٢,٠٤٥ مشترك في مثلث واحد، والارتفاع ٢,١٦٥ مشترك في مثلثين، وكذلك الارتفاع الآخر ٢,١٦٥ مشترك في مثلثين وأكبر عدد من الأجزاء في نقطة واحدة هو ٨ عندما تكون نقطة الارتفاع مشتركة في ثمانية مثلثات.

نفرض أن س = المقطع العمودي للمثلث.

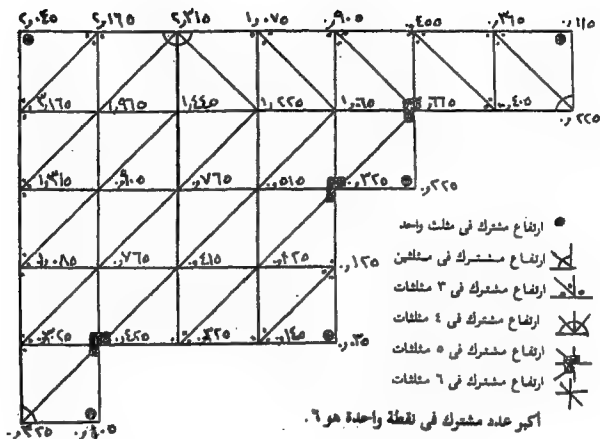
ع ١ = مجموع الارتفاعات المشتركة في مثلث واحد.

ع ٢ = مجموع الارتفاعات المشتركة في مثلثين.

ع ٨ = مجموع الارتفاعات المشتركة في ٨ مثلثات

$$\therefore \text{الحجم الكلي} = \frac{(١ع + ٢ع + ٢ع + ٣ع + + ٨ع)}{\text{عدد حروف المقطع}} \times \dots$$

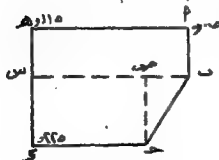
عدد حروف المقطع العمودي في هذا المثال ٣ لأنها عبارة عن مثلثات ولحساب كمية الردم المحدد بخط سميك في الشكل السابق (١٨٩) ومثله الشكل التالي رقم (١٩١).



١٤	٢٤	٣٤	٤٤	٥٤	٦٤
٠,١١٥	٠,٢٢٥	٠,٣٦٥	٢,٣١٥	١,٤٤٥	١,٠٦٥
٢,٠٤٥	٠,٣٢٥	٠,٤٥٥		٠,٦٦٥	١,٢٢٥
٠,٢٢٥		٠,٩٠٥		٠,٣٣٥	١,٩٦٥
٠,٠٣٥		١,٠٧٥		٠,٤٢٥	٠,٥١٥
٠,١٠٥		٢,١٦٥		٠,٧٦٥	
		٠,٤٠٥		٠,٩٠٥	
		٢,١٦٥		٠,١٢٥	
		١,٣١٥		٠,٤١٥	
		٠,١٢٥		٠,٧٦٥	
		١,٠٨٥			
		٠,٧٢٥			
		٠,١٤٥			
		٠,٣٢٥			
٢,٥٢٥	٠,٥٥٠	١١,٢٥٥	٢,٣١٥	٢,٨٧٠	٧,٧٤٥
١x	٢x	٣x	٤x	٥x	٦x
٢,٥٢٥	١,١٠٠	٣٣,٧٦٥	٩,٢٦٠	١٤,٣٥٠	٤٦,٤٧٠

$$\frac{٤٦,٤٧٠ + ١٤,٣٥٠ + ٩,٢٦٠ + ٣٣,٧٦٥ + ١,١٠٠ + ٢,٥٢٥}{٦} \times \frac{٢٠ \times ٢٠}{٢} = \text{الحجم الكلى للردم}$$

$$= ٣٥,٨١٣ \times ٤٥٠ = ١٦١٢٠,٣٥ \text{ م}^٣$$



شكل رقم (١٩٢)

٧- أما الأجزاء غير المنتظمة خارج المربعات الكاملة فسنأخذ جزءاً واحداً منها على سبيل المثال وتبني نفس الطريقة في الأجزاء الأخرى لحساب مكعبات الردم.
الجزء أ ب ج د هـ (شكل

١٩٢). ينقسم الشكل إلى المستطيل أ ب س هـ ونسبتينج منسوب ب، س بالنسبة والتاسب.

والمستطيل ص ج د س نستنج بالنسبة والتاسب أيضاً منسوب ص، والمثلث ب ج د ص وجمع هذه الأجزاء نحصل على حجم الردم. ويكرر العمل في باقى الأجزاء غير المنتظمة.

٨- تتبع نفس الطرق السابقة لحساب كميات الحفر فى منطقة الحفر وذلك بتقسيمها إلى شكل يتكون من مربعات كاملة يجرى تقسيمها إلى مثلثات وحساب الأجزاء غير المنتظمة الأخرى وجمعها.

٩- فى حالة ما إذا كانت الأشكال رباعية (مربع أو مستطيل) فإن المقام فى المعادلة السابقة ^(١) يصبح ٤، لأن عدد حروف المقطع العمودى فى هذه الحالة ٤.

حسابات تسوية الأراضى بطريقة كتور الحفر والرمد

تعتمد هذه الطريقة على إستعمال خريطة كتورية دقيقة للمنطقة المراد تسويتها. ولأستعمال هذه الطريقة يزود العامل الذى سيقوم بتشغيل آلة التسوية بخريطة تبين درجة الحفر والرمد لقطاع الأرض.

خطوات العمل:

١- تجهز خريطة كتورية دقيقة لقطعة الأرض المراد تسويتها مع إستعمال فترة كتورية ومقياس رسم مناسبين للدقة المطلوبة.

٢- تحدد إنحدارات سطح التسوية وذلك بالتابع إنحدارات سطح الأرض الأصلية قدر الامكان وليس من الضروري أن يكون الانحدار منتظماً. ويراعى عند إختيار هذه الانحدارات تكلفة التنفيذ وذلك بانقاص المقدار الكلى لكميات الحفر والرمد وسهولة إنسياب المياه والحفاظة على التربة.

٣- ترسم خطوط كتور الانحدار المقترح على الخريطة الكتورية وهى مبينة بخطوط مستقيمة منتظمة فى شكل رقم (١٩٣).

(١) أنظر صفحة ٣٨٦.

٤- تحدد نقط تقاطع كتشورات سطح الأرض الأصلية مع كتشورات الانحدار المقترح. وتسجل بجوار كل نقطة تقاطع الفرق بين منسوبى خطى الكتشور.

٥- نصل بخط يميز (مقطع كما فى الشكل) نقط التقاطع ذات الفرق المتساوى. والخط الذى قيمته صفر هو الخط الفاصل بين مساحات الحفر ومساحات الردم. وهذه الخطوط تمثل أتر تقاطع مستوى الانحدار المقترح مع سطح الأرض الطبيعي وتسمى هذه الخطوط بخطوط عمق الحفر المتساوى أو إرتفاع الردم المتساوى.

٦- يجب أن تتقارب مساحات الحفر مع مساحات مناطق الردم. أو بمعنى آخر المساحات التى يضمها خط التساوى صفر والتى تقع داخله وهى تمثل مناطق الردم، مع المساحة التى تقع خارجه عنه والتى تمثل مناطق الحفر. وإذا وجد فرق كبير تزحج خطوط كتشور الانحدار المقترح ناحية الجانب الأعلى أى ناحية ضد الانحدار فيزداد الحفر أو تحرك فى اتجاه الميل فتزداد كمية الردم. مع ملاحظة أن يزيد مقدار الحفر بحوالى ٥ - ١٥ ٪ عن مقدار الردم وذلك لسد المعجز الناتج عن فقد الأتربة والتقوس الذى يحدث فى سطح الأرض عند ذلك التربة.

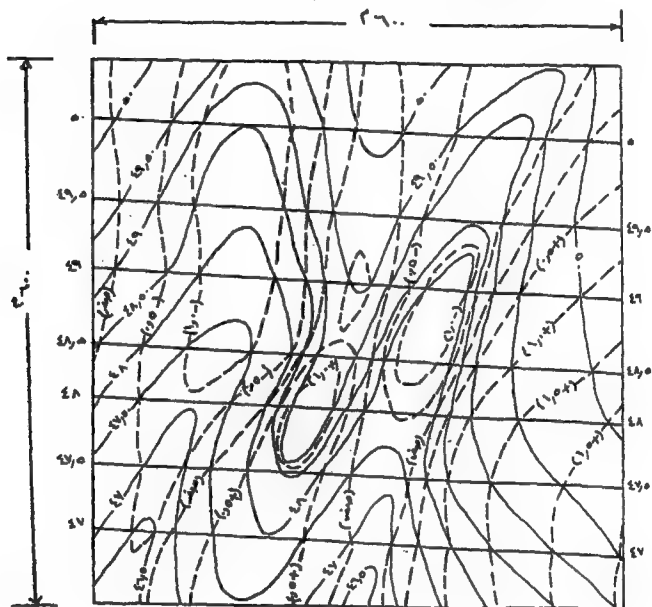
٧- تقاس المساحات المحصورة بخطوط عمق الحفر المتساوى أو إرتفاع الردم المتساوى بالبلايتمتر وحساب حجم الأتربة الناجمة عن الحفر والردم بطريقة متوسط القاعدتين كالآتى:

أ- فى شكل (١٩٣) إذا أردنا إيجاد حجم الردم بين خطى تساوى صفر، ٠,٥ م تعين المساحة التى يضمها خط الصفر، وتلك التى يضمها خط ٠,٥ م بالبلايتمتر، ثم تحسب متوسط المساحين.

ب- بضرب متوسط المس -تين × الفارق الرأسى بين خطى التساوى (٠,٥ م) ينتج الكمية الواجب ردمها للوصول إلى خط تساوى ٠,٥ م.

ج- تعيين المساحة التى يضمها خط تساوى ١,٠ م وتحسب متوسط المساحين بين خطى ٠,٥ ، ١,٠ م، وضرب هذا المتوسط فى الفارق الرأسى فينتج كمية الردم بين ٠,٥ ، ١,٠ م.

د- يستمر في العمل حتى يصل إلى أقل منسوب، ثم تجمع الكميات للحصول على الكمية الكلية للتسوية في حالة الردم، يكرر نفس العمل في حالة الحفر حتى أعلى منسوب.



شكل رقم (١٩٣)

والجدول التالي يوضح طريقة الحساب

حفر			رسم		
المساحة / م ²	متوسط المساحة / م ²	الحجم / م ³	المساحة / م ²	متوسط المساحة / م ²	الحجم / م ³
١٩٣٦٠٠		١٦٦٤٠٠			صفر
	١٤٨٥٠٠	٣٤٢٥٠		٦٤٠٧٥	صفر
١٠٣٥٠٠		٩٧٩٠٠			١,٥
	٧٢١٠٠	٣٦٥٥٠		٤١١٢٥	١,٥
٤٠٣٠٠		٦٦٦٠٠			١,٥
	٢٠٣٥٠	١٠١٧٥		٢٥٦٧٥	١,٥
صفر		٣٦١٠٠			١,٥
				٢٥٤٠٠	١,٥
		١٤٧٠٠			٢,٥
				٣٦٧٥	٢,٥
		صفر			٢,٥
		١٢٠٤٧٥		١٤٧٢٥٠	

الصفر لا يزيد بمقدار ٢١٢٢ عن الرقم

أمثلة

١- وضع قراءات القائمة في جدول:

المثال الأول:

القراءات الآتية أخذت أثناء عمل ميزانية طولية على محور طريق كل ٢٥ متراً، فإذا كانت القراءات الرابعة والسابعة والتاسعة مقدمات وكانت النقطة الخامسة روبر منسوبه ٧,٤٣ متراً. المطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل مع حساب مناسب باقى النقط بطريقة الارتفاع والإنخفاض. ٣,٥٦، ٢,٩٥، ١,٤٤، ٣,١٧، ٨٥، ١,٦٧، ١٥، ١,٨٨، ٢,٧٥.

طريقة الاجابة

١ - بصمم جدول ميزانية تبدأ خاناته الرأسية بخانة المؤخرات ثم المتوسطات فالأماميات، ثم خاتتي الارتفاع والإنخفاض ثم خانة المنسوب ثم خانة النقط عليها خانة المسافات وأخيرا خانة الملاحظات.

يدون في خانة «النقطة» على السطر الأول نقطة (١) وعلى السطر الثاني نقطة (٢) وعلى السطر الثالث نقطة (٣) وهكذا.

ويدون في خانة «المسافات» أمام النقطة (١) صقرا إذ أنها النقطة التي بدأت منها الميزانية وأمام النقطة (٢) ٢٥ مترا، إذ أنها على بعد ٢٥ مترا من النقطة (١)، وأمام النقطة (٣) يكتب ٥٠ مترا، وتضاعف المسافة بعد ذلك أمام كل نقطة بمقدار ٢٥ مترا.

٢ - بما أن القراءة الرابعة مقدمة، فمعنى ذلك أن القراءة الأولى مؤخرة وأن القراءتين الثانية والثالثة متوسطات.

فتدون القراءة الأولى أمام النقطة (١) في خانة للمؤخرات

القراءة الثانية أمام النقطة (٢) في خانة المتوسطات

القراءة الثالثة أمام النقطة (٣) في خانة المتوسطات

أما القراءة الرابعة فتدون أمام النقطة (٤) في خانة المقدمات

وبما أن القراءة السابعة مقدمة، فمعنى ذلك أن القراءة الخامسة، مؤخرة،

وتدون في خانة المؤخرات أمام النقطة (٤) إذ أنها مؤخرة الوضع الجديد للميزان

ويذكر ذلك أمام هذه النقطة في خانة الملاحظات فتدون عبارة «نقطة دوران للميزان».

وتدون القراءة السادسة أمام النقطة (٥) في خانة المتوسطات

وتدون القراءة السابعة أمام النقطة (٦) في خانة المقدمات إذ أنها نهاية هذا

الوضع للميزان وعلى هذا تكون القراءة الثامنة مؤخرة لنفس النقطة (٦) ويدون أمامها في خانة الملاحظات أنها نقطة دوران.

وتدون القراءة التاسعة في خانة المؤخرات أمام النقطة (٧).

ولتحقيق العمل يجب أن يكون عدد قراءات القائمة المذكورة في خانة المؤخرات مساويا للعدد المذكور في خانة المقدمات كما يتضح ذلك من الجدول.

عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٣.

٠. وضع القراءات في الجدول صحيح.

٣- يدون أمام النقطة (٥) منسوبها في خانة المنسوب ويذكر أمامها في خانة الملاحظات أنها نقطة روبر منسوبة ٧,٤٣ أمتار، ونبدأ في حساب مناسب باقى النقط.

(أ) منسوب النقطة (٦): بمقارنة قراءة القائمة على هذه النقطة (٠,١٥ متر) وقراءتها على النقطة (٥) (١,٦٧ متر)، نجد أنها أقل، ومعنى هذا أنها ترتفع عن النقطة (٥) بمقدار الفرق بين القراءتين (١,٦٧ - ٠,١٥ = ١,٥٢ متر) فيدون هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (٦)، وإضافة مقدار هذا الارتفاع على منسوب النقطة (٥) ينتج لنا منسوب النقطة (٦) (٧,٤٣ + ١,٥٢ = ٨,٩٥ أمتار) فيدون في خانة المنسوب أمامها.

(ب) منسوب النقطة (٧): تقارن قراءتى القائمة على هذه النقطة (وهي مقدمة وقدرها ٢,٧٥ متر)، فنجد أنها أكبر، ومعنى ذلك أن النقطة (٧) تنخفض عن (٦) بمقدار الفرق بين قراءتى القائمة ويساوى ٠,٨٧ متر. فيدون ذلك في خانة الإنخفاض. وعلى هذا يكون منسوب (٧) أقل من منسوب (٦) بمقدار هذا الفرق.

٠. منسوب النقطة (٧) = ٨,٩٥ - ٠,٨٧ = ٨,٠٨ أمتار.

يلاحظ أنه إذا كانت قراءة القائمة على النقطة أقل من قراءتها على النقطة السابقة، لها، فهذا يدل على أن هذه النقطة أكثر ارتفاعا من سابقتها، والعكس إذا كانت القراءة أكبر. إذ يدل ذلك على إنخفاض النقطة عن سابقتها.

(ج) منسوب النقطة (٤): بمقارنة قراءة القائمة على النقطة (٥) (١,٦٧ متر) بقراءتها على النقطة (٤) المدونة في خانة المؤخرات (٠,٨٥) نجد أنها أكبر، ومعنى ذلك أنها تنخفض عن النقطة (٤) بمقدار الفرق بين القراءتين

(١,٦٧ - ٠,٨٥ = ٠,٨٢ متر) فيدون هذا الفرق في خانة الإنخفاض أمام النقطة (٥).

أى أن منسوب (٤) يرتفع عن منسوب (٥) بمقدار هذا الفرق.
∴ منسوب النقطة (٤) = $٠,٨٢ + ٧,٤٣ = ٨,٢٥$ أمتار. فيدون أمامها في خانة المنسوب.

(د) منسوب النقطة (٣): قراءة القامة أمام النقطة (٤) المدونة في خانة المقدمات وقدرها ٣,١٧ أمتار أكبر من قراءتها أمام النقطة (٣) (١,٤٤ متر)، أى أنها تنخفض عن النقطة (٣) بمقدار $٣,١٧ - ١,٤٤ = ١,٧٣$ متر، فيدون هذا الفرق في خانة الإنخفاض أمام النقطة (٤) أى أن منسوب (٣) يرتفع عن منسوب (٤) بمقدار هذا الفرق.

∴ منسوب النقطة (٣) = $٨,٢٥ + ١,٧٣ = ٩,٩٨$ أمتار. فيدون أمامها في خانة المنسوب.

(هـ) منسوب النقطة (٢): قراءة القامة أمام النقطة (٣) (١,٤٤ متراً) أقل من قراءتها أمام النقطة (٢) (٢,٩٥ متر) أى أنها ترتفع عنها بمقدار $٢,٩٥ - ١,٤٤ = ١,٥١$ متر، فيدون هذا الفرق في خانة الارتفاع أما النقطة (٣). وي طرح هذا الفرق من منسوب النقطة (٣) نحصل على منسوب (٢) فيدون أمامها في خانة المنسوب.

منسوب النقطة (٢) = $٩,٩٨ - ١,٥١ = ٨,٤٧$ أمتار.

(و) منسوب النقطة (١): قراءة القامة أمام النقطة (٢) (٢,٩٥ متراً) أقل من قراءتها أمام النقطة (١) (٣,٥٦ متراً)، أى أنها ترتفع عنها بمقدار $٣,٥٦ - ٢,٩٥ = ٠,٦١$ متر، فيدون هذا الفرق في خانة الارتفاع أمام النقطة (٢).

وي طرح هذا الفرق من منسوب النقطة (٢) ينتج منسوب (١) فيدون أمامها في خانة المنسوب.

منسوب النقطة (١) = $٨,٤٧ - ٠,٦١ = ٧,٨٦$ أمتار.

٤- ولتحقيق الميزانية حسابياً:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = $٦,٢٩ - ٦,٠٧ = ٠,٢٢$ متر
مجموع لإرتفاعات - مجموع الإنخفاضات = $٣,٦٤ - ٣,٤٢ = ٠,٢٢$ متر
ومنسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = $٨,٠٨ - ٧,٨٦ = ٠,٢٢$ متر
وبما أن الفرق ثابتاً

٠. العمل الحسابي للميزانية صحيحاً.

والجدول التالي يبين الصورة الكاملة للجدول الخاص بهذا المثال:

ملاحظات	المساحة	النقطة	المسور	إختلاف	إرتفاع	قراءات القامة		
						مؤخرات	موسطات	مقدمات
	صفر	١	٧,٨٦					٣,٥٦
	٢٥	٢	٨,٤٧		٠,٦١		٢,٩٥	
	٥٠	٣	٩,٩٨		١,٥١		١,٤٤	
نقطة دوران للميزان	٧٥	٤	٨,٢٥	١,٧٣		٣,١٧		٠,٨٥
روبر منسوبه ٧,٤٣ متراً	١٠٠	٥	٧,٤٣	٠,٨٢			١,٦٧	
نقطة دوران للميزان	١٢٥	٦	٨,٩٥		١,٥٢	٠,١٥		١,٨٨
	١٥٠	٧	٨,٠٨	٠,٨٧		٢,٧٥		
				٣,٤٢	٣,٦٤	٦,٠٧		٦,٢٩

المثال الثاني:

القراءات الآتية أُخذت أثناء إجراء ميزانية طولية على مسافات متساوية كل ٢٠ متراً، ٢,٢٠، ١,١٥، ٠,٨٣، ٢,٠٧، ٠,٧٥، ١,١٢، ٢,٥٣، ٠,١٢، ١,٢٥، ٣,٧٨.

والمطلوب وضعها في جدول ميزانية وحساب مناسيب النقاط بطريقة منسوب سطح الميزان وتصحيح العمل الحسابي، علماً بأن النقطتين الرابعة والسابعة نقطتي دوران لميزان المساحة وأن النقطة الخامسة عبارة عن روبر منسوبه ٢,١٨ متر.

طريقة الإجابة:

١- نبدأ أولاً بتصميم جدول ميزانية بطريقة منسوب سطح الميزان وفي خانة «النقطة» يكتب على السطر الأول نقطة (١) وعلى السطر الثاني نقطة (٢) وعلى السطر الثالث نقطة (٣) ... وهكذا.

وفي خانة «المسافات» يكتب أمام النقطة (١) صفر أمام النقطة (٢) ٢٠ متراً ثم أمام النقطة (٣) ٤٠ متراً، وتضاعف المسافة عشرين متراً أمام كل نقطة تالية.

وفي خيانة الملاحظات يكتب أمام النقطتان الرابعة والسابعة «نقط دوران للجهاز»، ويذكر أمام النقطة الخامسة أنها نقطة «ويبر منسوبها ١٨، ٢ متراً كما يذكر منسوبها في خانة المنسوب».

٢- تدون القراءة الأولى للقامة (٢٠، ٢ متر) في خانة المؤخرات أمام النقطة (١)، وتدون القراءة الثانية (١٥، ١ متر) في خانة المتوسطات أمام النقطة (٢) والقراءة الثالثة في خانة المتوسطات أمام النقطة (٣)، أما القراءة الرابعة (٧، ٠٧ متر) فتعتبر مقدمة بالنسبة للقراءات السابقة، وتكتب في خانة المقدمات أمام النقطة (٤)، وعلى ذلك تعتبر القراءة الخامسة (٧٥، ٠ متر)، مؤخرة لما سبقتها بمردها من قراءات وتدون في الخانة الخاصة بها أمام النقطة (٤). ومن خيانة الملاحظات نحدد أن هذه النقطة (٤) نقطة دوران أى أنه يجب أن يذكر أمامها قراءتين إحداهما مقدمة والأخرى مؤخرة.

تدون القراءة السادسة (١٢، ١ متر) أمام النقطة (٥) في خانة المتوسطات ثم القراءة السابعة (٥٣، ٢ متر) أمام النقطة (٦) في خانة المتوسطات.

القراءة الثامنة (١٢، ٠ متر) تعتبر مقدمة للوضع الثالث للميزان وتدون في خانة المقدمات أمام النقطة (٧)، وعلى هذا تعتبر القراءة التاسعة (٣٨، ٣ أمتار) مؤخرة للقراءات التي تليها وتدون على نفس السطر أمام النقطة (٧) وفي خانة المؤخرات.

أما القراءة العاشرة (٢٥، ١ متر) فننظر لأنها آخر قراءة للقامة، فتدون أمام النقطة (٨) في خانة المقدمات.

ولتحقيق هذا العمل : تجمع عدد المؤخرات الذى يجب أن يكون مساويا لعدد المقدمات : عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٣

٣- لحساب مناسب النقط تبدأ بالنقطة المعروفة المنسوب وهى النقطة (٥) ومنسوبها ١٨، ٢ متر. وبإضافة هذا المنسوب إلى قراءة القامة المذكورة أمام هذه النقطة، ينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع فيبدون أمام النقطة الرابعة حيث أنها محور الدوران الخاصة بهذا الوضع للميزان:

$$٠. م. س. = ١, ١٢ + ٢, ١٨ = ٣, ٣٠ \text{ أمتار}$$

وعلى هذا يكون منسوب النقطة (٤) = م. س. م. - قراءة القامة المدونة أمامها
فى خانة المؤخرات = ٣, ٣٠ - ٠, ٧٥ = ٢, ٥٥ مترا

ومنسوب النقطة (٦) = م. س. م. - قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المتوسطات
= ٣, ٣٠ - ٢, ٥٣ = ٠, ٧٧ مترا

ومنسوب النقطة (٧) = م. س. م. - قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المتوسطات
= ٣, ٣٠ - ٠, ١٢ = ٣, ١٨ مترا

وبما أن للنقطة (٧) محور دوران للميزان، فيتغير عندها منسوب سطح الميزان
ويصبح كالآلى:

م. س. م. = منسوب النقطة (٧) + قراءة القامة المذكورة فى خانة المؤخرات أمامها
= ٣, ١٨ + ٣, ٧٨ = ٦, ٩٦ أمتار

فيبدون هذا المقدار أمام هذه النقطة فى خانة (م. س. م.)

م. س. م. = منسوب النقطة (٨) - قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المقدمات
= ٦, ٩٦ - ١, ٢٥ = ٥, ٧١ مترا

ولإيجاد منسوب سطح الميزان للوضع الأول للميزان: تضاف قراءة القامة المذكورة فى خانة المقدمات أمام النقطة (٤) إلى منسوب هذه النقطة فيكون الناتج عبارة عن منسوب سطح الميزان لهذا الوضع، فيبدون أمام النقطة (١) فى خاتته الخاصة.

$$م.س.م = ٧,٥٥ + ٧,٠٧ = ١٤,٦٢ \text{ أمتار}$$

∴ منسوب النقطة (١) = م.س.م - قراءة القامة المذكورة في خانة المؤخرات أمامها

$$= ١٤,٦٢ - ٧,٢٠ = ٧,٤٢ \text{ متر.}$$

ومنسوب النقطة (٢) = م.س.م - قراءة القامة المذكورة في خانة المتوسطات أمامها

$$= ١٤,٦٢ - ١,١٥ = ١٣,٤٧ \text{ أمتار.}$$

ومنسوب النقطة (٣) = م.س.م - قراءة القامة المذكورة في خانة المتوسطات أمامها

$$= ١٤,٦٢ - ٠,٨٣ = ١٣,٧٩ \text{ أمتار.}$$

والجدول الآتي يبين القراءات مدونة ومناسيب النقط محسوبة بطريقة منسوب سطح الميزان.

ملاحظات	المسافة متر	النقطة	المنسوب	م.س.م	قراءات القامة		
					مقدمات	متوسطات	مؤخرات
	صفر	١	١,٤٢	١٤,٦٢			٧,٢٠
	٢٠	٢	٣,٤٧			١,١٥	
	٤٠	٣	٣,٧٩			٠,٨٣	
نقطة دوران للجهاز	٦٠	٤	٧,٥٥	٣,٣٠	٧,٠٧		٠,٧٥
روبر منسوب ١,٨	٨٠	٥	٢,١٨			١,١٢	
نقطة دوران للجهاز	١٠٠	٦	٠,٧٧			٢,٥٣	
	١٢٠	٧	٣,١٨	٦,٩٦	٠,١٢		٣,٧٨
	١٤٠	٨	٥,٧١		١,٢٥		
المجموع					٣,٤٤		٦,٧٣

٤- ولتحقيق الميزانية حسابيا:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = $٦,٧٣ - ٣,٤٤ = ٣,٢٩$ أمتار

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = $٥,٧١ - ٢,٤٢ = ٣,٢٩$ أمتار

∴ العمل الحسابي صحيح.

٢- رسم القطاعات الطولية للميزانية

المثال الثالث:

أجريت ميزانية طولية لمسافة ٢٥٠ مترا فكانت قراءات القامة كالاتي: ٢,٧٢ ، ١,١٥ ، ١,٧٠ ، (١,١٨) ، ٠,٧٨ ، ١,٢٥ ، ١,٨٣ ، ٢,٠٧ ، ١,٧٥ ، (١,٣٥) ، ٢,٢٣ ، ١,٨٨ ، (٠,٦٥) .

فإذا كانت القراءات بين الأقواس مقدمات وأن النقطة الأخيرة زير منسوبة ٩,٠٨ أمتار وأن رصد القراءات كان يتم على مسافات متساوية كل ٢٥ مترا. والمطلوب معرفة مناسب النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض وتحقيق الميزانية مع رسم قطاع بمقياس أفقى ١ : ٢٠٠٠ ومقياس رأسى ١ : ١٠٠ .
طريقة الإجابة:

١- تصميم جدول الميزانية وحساب مناسب النقط:

حيث أن المطلوب حساب المناسب بطريقة الارتفاع والانخفاض نصمم الجدول الخاص بهذه الطريقة وفى خانة «النقط» نكتب أرقام سلسلة للنقط مبتدئين (١) على السطر الأول ثم (٢) على السطر الثانى وهكذا. وفى خانة «المسافات» يدون أمام النقطة (١) صفر، ثم أمام النقطة (٢) ٢٥ مترا وأمام النقطة (٣) ٥٠ مترا.. وهكذا.

ولتدوين قراءات القامة:

لندون القراءة الأولى (٢,٧٢) فى خانة المؤخرات أمام النقطة (١) ثم لندون القراءة الثانية فى خانة المتوسطات أمام النقطة (٢) ، والقراءة الثالثة (١,٧٠) أمام النقطة (٣) فى خانة المتوسطات، ثم القراءة الرابعة بين القوسين (١,١٨) وهى مقدمة فتدون فى خانة المقدمات أمام النقطة (٤) . وعلى هذا تكون القراءة الخامسة (٠,٧٨) مؤخرة للوضع الثانى للميزان وتدون فى خانة المؤخرات أمام نفس النقطة (٤) . ولندون القراءات السادسة (١,٢٥) والسابعة (١,٨٣) والثامنة (٢,٠٧) والتاسعة (١,٧٥) فى خانة المتوسطات أمام النقط ٥، ٦، ٧، ٨ على التوالي.

أما القراءة العاشرة بين الأقواس (١,٣٥) فتدون أمام النقطة (٩) فى خانة المقدمات، وعلى ذلك تدون القراءة الحادية عشرة (٢,٢٣) فى خانة المؤخرات أمام هذه النقطة، وتدون القراءة ١٢ (١,٨٨) فى خانة المتوسطات أمام النقطة (١٠)، وتدون القراءة ١٣ (٢,٦٥) فى خانة المقدمات أمام النقطة (١١) حيث أنها القراءة الأخيرة.

ولحساب مناسيب النقاط:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة.

$$٥٧,٣ - ٥,١٨ = ٩,٠٨ - س$$

$$٥,٥٥ - ٩,٠٨ = س$$

$$س = ٩,٠٨ - ٥,٥٥ = ٣,٥٣$$

وبذلك نحصل على منسوب أول نقطة فى جدول الميزانية. ثم نحسب مناسيب باقى النقاط بالطريقة التى سبق ذكرها فى المثال رقم (١)، ويجب أن يكون منسوب آخر نقطة مساوياً لنفس المنسوب المذكور من قبل (٩,٠٨ أمتار) ثم يحقق العمل الحسابى للميزانية. والجدول التالى يبين مناسيب النقاط.

ملاحظات	البيانات	النقطة	المنسوب	الارتفاع	قراءات القامة		
					مقدمات	متوسطات	مؤخرات
نقطة دوران للميزان	صفر	١	٨,٥٣				٢,٧٢
	٢٥	٢	٩,١٠	٠,٥٧		٢,١٥	
	٥٠	٣	٩,٥٥	٠,٤٥		١,٧٠	
	٧٥	٤	١٠,٠٧	٠,٥٢	١,١٨		٠,٧٨
	١٠٠	٥	٩,٦٠	٠,٤٧		١,٢٥	
نقطة دوران للميزان	١٢٥	٦	٩,٠٢	٠,٥٨		١,٨٢	
	١٥٠	٧	٨,٧٨	٠,٢٤		٢,٠٧	
	١٧٥	٨	٩,١٠	٠,٣٢		١,٧٥	
	٢٠٠	٩	٩,٥٠	٠,٤٠	١,٣٥		٢,٢٣
	٢٢٥	١٠	٩,٨٥	٠,٣٥		١,٨٨	
نقطة منسوبه ٩,٠٨ م	٢٥٠	١١	٩,٠٨	٠,٧٧	٢,٦٥		
		المجموع		٢,٠٦	٢,٠٦	٥,١٨	٥,٧٣

التحقيق الحسابي:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = $5,73 - 5,28 = 0,45$ مترا.

مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات = $2,61 - 2,06 = 0,55$ مترا.

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = $9,08 - 8,53 = 0,55$ مترا.

∴ العمل الحسابي صحيح.

٢ - رسم القطاع الطولي:

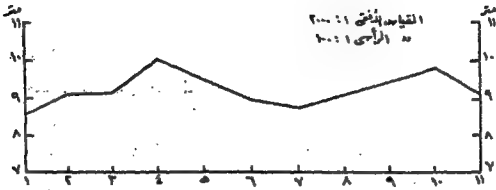
يستعمل في رسم القطاعات ورق مربعات مقسم إلى مستطيلات وملليمترات حتى يمكن تفادي كثرة استعمال القياس بالمسطرة والمثلث لإقامة الأعمدة وتوفر الوقت والجهد في حالة استخدام الورق الأبيض.

وتتبع مايلي:

(أ) يرسم خطا أفقيا يمثل مستوى المقارنة، وهو إما أن يكون صفرا أى مستوى سطح البحر أو يكون أقل قليلا من أقل منسوب في جدول الميزانية وسنعتبره في هذا المثال $7,00$ أمتار. يكون طول هذا الخط مساويا لطول المسافة بين أول نقطة وآخر نقطة في جدول الميزانية أى أن طوله = 250 مترا = $12,5$ سم حسب مقياس الرسم.

(ب) يقام عمودان عند نهايتي هذا الخط الأفقي مقسمان إلى أقسام متساوية طبقا لمقياس الرسم، كل قسم = 1 سم = 1 متر. يكتب عند نهاية القسم الأول 8 أمتار ونهاية القسم الثاني 9 أمتار ونهاية القسم الثالث 10 أمتار ونهاية القسم الرابع والأخير 11 مترا، ويكتفى بذلك حيث أنه لا توجد نقط تزيد منسوبها عن 11 مترا.

تحدد المسافات بين النقط على الخط الأفقي وتبين أماكن النقط على هذا الخط، ثم يوقع منسوب كل نقطة عموديا عليها طبقا لما يقابله، على المقياس الرأسى. والشكل رقم (١٩٤) يبين القطاع الطولي لهذا المثال.



شكل رقم (١٩٤) لقطاع طولى للميزانية

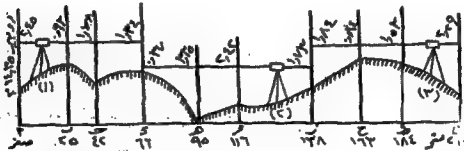
وبراعى دائما أن يكون المقياس الرأسى كبيراً حتى يمكن إبراز التفاوت فى مناسيب النقط المختلفة الذى قد يكون طفيفاً جداً بدرجة لا تظهره بوضوح إذا كان المقياس الرأسى أصغر من اللازم. كما أنه كلما كبر المقياس الرأسى كلما زادت الدقة فى بيان مناسيب النقط بوضوح.

أما المقياس الأفقى فيتناسب مع طول المشروع الذى أجريت له الميزانية وطول ورق الرسم المستعمل.

٣- حساب كميات الحفر والردم

المثال الرابع:

الشكل الآتى رقم (١٩٥) يبين كروكى لقطاع ميزانية طولية لمنطقة مطلوب مد ماسورة مياه بها، والمطلوب عمل جدول ميزانية مبين فيه الأرصاء المذكورة فى هذا الكروكى وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوبة سطح الميزان وحساب كميات الحفر والردم حتى يمكن وضع الماسورة أفقية على منسوب ١٤.٠٠ متراً، علماً بأن الحفر والردم كان يتم عمودياً بدون ميل بعرض ٠.٨٠ متر.



طريقة الإجابة:

(أ) حساب المناسيب وتحقيق الميزانية:

- ١- يصمم جدول ميزانية كامل بطريقة منسوب سطح الميزان.
- ٢- يلاحظ من الكروكي أن إجماء الميزانية من نقطة أ إلى نقطة ى، لهذا توضع القراءة الأولى (٤٥, ٢ مترا) فى السطر الأول فى خانة المؤخرات لأنها أول قراءة أدخلت بعد وضع الجهاز وضبط أفقيته، كما يوضح فى نفس السطر فى خانة «المنسوب» منسوب هذه النقطة (١٤, ٣٥ مترا) ويدون فى خانة الملاحظات رقم الروبر ووصفه.
- ٣- ويتضح من الكروكي أيضا أن قراءتى القاسمة على النقطتين ب، جـ متوسطات، لهذا توضعان فى خانة المتوسطات أمامهما.
- ٤- نجد أن النقطة د عليها قراءتين للقاسمة، الأولى (١, ٣٤) تجاه الوضع الأول للميزان، فتعتبر مقدمة وتدون فى خانة المقدمات، والثانية (٠, ٢٧) تجاه الوضع الثانى للميزان، فتعتبر مؤخرة وتدون فى خانة المؤخرات. وأمام هذه النقطة يدون فى خانة الملاحظات أنها نقطة دوران للميزان.
- ٥- النقطتان هـ، و متوسطتان، ولهذا توضع قراءتى القاسمة عليهما فى خانة المتوسطات أمام كل منهما.
- ٦- النقطة ز نقطة دوران للميزان من وضعه الثانى إلى وضعه الثالث، وعلى هذا تعتبر القراءة (١, ٧٣) مقدمة والقراءة (١, ٨٤) مؤخرة، وتدون كل منهما فى الخانة الخاصة بها ويدون فى خانة الملاحظات أن هذه النقطة نقطة الدوران.
- ٧- النقطتان ح، ط متوسطتان فتدون قراءتهما فى خانة المتوسطات أمام كل منهما.
- ٨- النقطة ى، آخر نقطة فى خط الميزانية، ولهذا فتعتبر قراءة القاسمة عليها مقدمة وتدون فى خانة المقدمات.

والجدول التالي يبين حساب المناسيب بطريقة منسوب سطح الميزان.

ملاحظات	المسافة	النقطة	المنسوب	م-م	قراءات القامة		
					مؤخرات	موسطات	مقدمات
روبر منسوب ١٤,٣٥ متراً	صفر	أ	١٤,٣٥	١٦,٨٠			٢,٤٥
	٢٥	ب	١٥,٨٧			٠,٩٣	
	٤٢	ج	١٥,٠٢			١,٧٨	
	٦٦	د	١٥,٤٦	١٥,٧٣	١,٣٤		٠,٢٧
نقطة دوران للميزان	٩٥	هـ	١٢,٣٨			٣,٣٥	
	١١٦	و	١٣,٣١			٢,٤٢	
	١٣٨	ز	١٤,٠٠	١٥,٨٤	١,٧٣		١,٨٤
	١٦٣	ح	١٥,٠٠			٠,٨٤	
نقطة دوران للميزان	١٨٤	ط	١٤,٣١			١,٥٣	
	٢١٠	ي	١٣,٥٥		٢,٢٩		
					٥,٣٦		٤,٥٦

تحقيق العمل الحسنائي:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = $٤,٥٦ - ٥,٣٦ = - ٠,٨٠$ متر

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = $١٤,٣٥ - ١٣,٥٥ = ٠,٨٠$ متر

(ب) حساب كميات الحفر والردم:

١- يرسم قطاع دقيق للميزانية بمقياس رسم مناسب أفقى ورأسى وقد تم اختيار المقياس الأفقى ١ : ١٠٠٠ والمقياس الرأسى ١ : ١٠٠ ثم يرسم خطاً على منسوب ١٤,٠٠ متراً يمثل الماسورة كما فى القطاع المبين (الشكل ١٨٣) فتعتبر أجزاء القطاع التى تملو عن هذا المنسوب مطلوب حفرها، أما الأجزاء الأقل عن ١٤,٠٠ متراً فمطلوب ردمها، ويمكن تظليل هذين الجزئين حتى يمكن تمييزها

بسهولة. وبالنظر إلى هذا القطاع نجد أن خط الماسورة يلتقى بخط القطاع في ثلاث نقط: الأولى (س) على بعد ٨٠ مترا من بداية الميزانية والثانية (ز) على بعد ١٢٨ مترا وهى نقطة أساسية رصد منسوبها بالميزان، أما الثالثة فهى (ص) وتبعد ١٩٦ مترا عن أول الميزانية. ومنسوب كل من هذه النقاط ١٤,٠٠ مترا. وتعين هذه النقاط على المحور الأفقى للقطاع كما تحسب أبعادها عن أول الميزانية وتدون في خطة المسافات في الجدول الموجود بأسفل القطاع.

٢- يصمم فى أسفل القطاع جدول أفقى بطول القطاع تبدأ خاناته بخانة للمسافات يدون فيها البعد بين كل نقطة على القطاع وبداية الميزانية. ثم خانة المنسوب ويدون فيها منسوب كل نقطة. ويراعى أن تكون الكتابة أسفل كل نقطة تماما حتى يسهل العمل الحسابى.

أما الخانة الثالثة فيدون فيها منسوب الإنشاء وهو منسوب الماسورة أما الخانة الرابعة فهى قسمان الأول خاص بارتفاع الحفر والثانى خاص بارتفاع الردم، وهما عبارة عن الفرق بين منسوب الماسورة ومنسوب النقطة.

والخانة التى تليها، وهى قسمان أيضا، فيدون فيهما مسطح الحفر أو الردم وحسب على أساس متوسط الفرق بين منسوب خط الإنشاء ومنسوب النقطة لنقطتين متاليتين مضروباً فى المسافة بينهما.

وتخصص الخانة الأخيرة بقسميها لكميات الحفر أو الردم، ويتم حسابها بضرب مسطح الحفر أو الردم \times عرض الحفر أو الردم (٠,٨٠ مترا)

وفيما يلى حساب كميات الحفر والردم

١- ارتفاع الحفر أو الردم = منسوب النقطة - منسوب الإنشاء.

(إذا كان ناتج الطرح بالموجب يدل على حفر والعكس إذا كان سالبا)

$$\text{نقطة أ} = 14,35 - 14,00 = 0,35 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة ب} = 15,87 - 14,00 = 1,87 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة جـ} = 15,02 - 14,00 = 1,02 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة د} = 15,46 - 14,00 = 1,46 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة س} = 14,00 - 14,00 = \text{صفر متر}$$

$$\text{نقطة هـ} = 14,38 - 14,00 = 0,38 \text{ متر (ردم)}$$

$$\text{نقطة و} = 13,31 - 14,00 = -0,69 \text{ متر (ردم)}$$

$$\text{نقطة ز} = 14,00 - 14,00 = \text{صفر متر}$$

$$\text{نقطة ح} = 15,00 - 14,00 = 1,00 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة ط} = 14,31 - 14,00 = 0,31 \text{ متر (حفر)}$$

$$\text{نقطة ص} = 14,00 - 14,00 = \text{صفر متر}$$

$$\text{نقطة ي} = 13,55 - 14,00 = -0,45 \text{ متر (ردم)}$$

تدون هذه النتائج في شحاشى لإرتفاع الحفر والردم حسب ما هو مبين:

٢- حساب مسطح الحفر والردم:

من شكل القطاع تميز أشكال هندسية إما أشياء منحرفات أو مثلثات كما يتضح ذلك من الشكل (٢٩٦) ويمكن إيجاد مساحة كل منهما كما يأتى
حساب مسطح الحفر فى حالة أشياء المنحرفات:

$$= \frac{1}{2} [\text{إرتفاع الحفر للنقطة} + \text{إرتفاع الحفر للنقطة التى تليها}] \times \text{المسافة بين النقطتين}$$

وحساب مسطح الحفر فى حالة المثلثات:

$$= \frac{1}{2} [\text{إرتفاع الحفر للنقطة} \times \text{المسافة بين النقطتين}]$$

وكذلك الحال عند حساب مسطح الردم.

وفيما يلى حساب مسطحات الحفر والردم للأجزاء المرقمة بالقطاع.

$$\begin{aligned}
& \text{مسطح القطاع (1)} = \frac{1}{2} \times (1,87 + 0,25) \times (27 - 25) = 27,25 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (2)} = \frac{1}{2} \times (1,07 + 1,87) \times (25 - 22) = 21,065 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (3)} = \frac{1}{2} \times (1,27 + 1,07) \times (22 - 17) = 29,76 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (4)} = \frac{1}{2} \times (1,27 \times 1,87) \times (17 - 10) = 10,22 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (5)} = \frac{1}{2} \times (1,67 \times 1,87) \times (10 - 9) = 12,15 \text{ متر}^2 \text{ (ردم)} \\
& \text{مسطح القطاع (6)} = \frac{1}{2} \times (0,79 + 1,67) \times (9 - 11) = 24,255 \text{ متر}^2 \text{ (ردم)} \\
& \text{مسطح القطاع (7)} = \frac{1}{2} \times (0,79 \times 1,87) \times (11 - 12) = 7,59 \text{ متر}^2 \text{ (ردم)} \\
& \text{مسطح القطاع (8)} = \frac{1}{2} \times (1,00 \times 1,87) \times (12 - 13) = 12,50 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (9)} = \frac{1}{2} \times (0,31 + 1,00) \times (13 - 12) = 13,755 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (10)} = \frac{1}{2} \times (0,31 \times 1,87) \times (12 - 13) = 1,87 \text{ متر}^2 \text{ (حفر)} \\
& \text{مسطح القطاع (11)} = \frac{1}{2} \times (0,45 \times 1,87) \times (13 - 14) = 3,15 \text{ متر}^2 \text{ (ردم)}
\end{aligned}$$

٣- حساب كميات الحفر والردم:

تجمع مسطحات القطاعات الخاصة بالحفر وتضرب مجموعها في عرض الحفر فينتج كمية الحفر الناتج وكذلك الحال بالنسبة للردم.

$$\text{مجموع مسطحات الحفر} = 27,25 + 21,065 + 29,76 + 10,22 + 12,50 = 119,91 \text{ م}^2$$

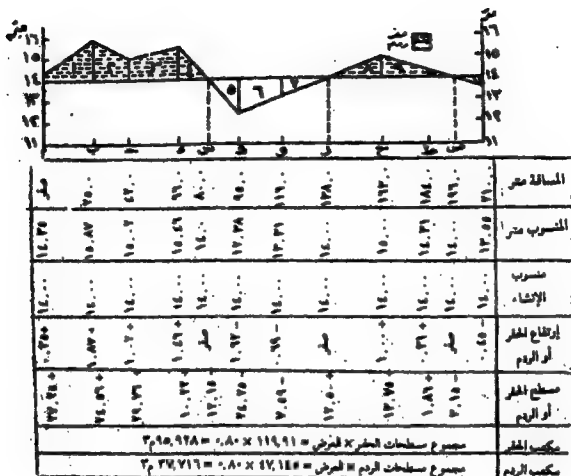
$$1,87 + 13,755 = 119,91 \text{ م}^2$$

$$\therefore \text{كمية الحفر الناتجة} = 0,80 \times 119,91 = 95,928 \text{ م}^3$$

$$\text{مجموع مسطحات الردم} = 12,15 + 24,255 + 7,59 + 3,15 =$$

$$47,145 =$$

$$\therefore \text{كمية الردم اللازمة} = 0,80 \times 47,145 = 37,716 \text{ متر}^3$$



شكل (١٩٣) قطاع الموازنة وحساب كميات الحفر والردم

المثال الخامس:

أعدت المناسيب الآتية على محور طريق يراد إنشاؤه بعرض ٨ أمتار وميول جانبية ٢:٢ في الحفر والردم، علماً بأن المسافات بين النقاط متساوية كل ٢٠ متراً.

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
المنسوب بالتر	٢٧,٥٣	٢٨,١٢	٢٧,٨٠	٢٧,٠٣	٢٥,٧٠	٢٤,٧٢	٢٤,٥٦
النقطة	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
المنسوب بالتر	٢٤,٩١	٢٥,٢٠	٢٦,٢٧	٢٥,٨٠	٢٥,٠٠	٢٤,٥٠	٢٤,٦٨

فإذا كان منسوب إنشاء الطريق عند النقطة (١) ٢٦,٥٠ مترا وينحدر إلى أسفل مسافة ١٦٠ متر بنسبة ١/١٠٠ ثم ينحدر بنسبة ١/٢٠٠ مسافة ١٠٠ متر أخرى، ويصبح أفقياً المسافة المتبقية.

المطلوب: رسم قطاع طولى لسطح الأرض والطريق المقترح بحقياس أفقى ١:١٣٠٠ ومقياس رأسى ١:١٠٠ وحساب كميات الحفر والردم.
طريقة الإجابة:

١- رسم القطاع:

يرسم المحورين الأفقى والرأسى للقطاع طبقاً للمقياس الرسم، فيكون طول المحور الأفقى للقطاع (مستوى المقارنة) كل ١ سم = ١٣ متر
طول القطاع = ٢٦٠ + ١٣ = ٢٧٣ سم
فيرسم خطاً أفقياً على ورقة المربعات طوله ٢٧٣ سم ويقسم إلى أقسام كل منها ٢٠ متراً.

أما المحور الرأسى فكل ١ سم = ١ متر، ويعتبر منسوب ٢٦,٥٠ متراً مستوى المقارنة حيث لا توجد مناسيب أقل منه فى جدول المناسيب.

بعد ذلك توقع المناسيب المذكورة أمام كل نقطة على المحور الأفقى للقطاع طبقاً لما يقابلها من المحور الرأسى، ثم توصل نقط المناسيب فيتم بذلك رسم قطاع لسطح الأرض.

ولرسم خط الإنشاء ويقصد به القطاع الطولى لمحور الطريق المقترح، نجد أن الطريق ينحدر فى المائة متر الأولى بنسبة ١:١٠٠ أى ينخفض متراً كل ١٠٠ متر، وبما أن منسوبه عند النقطة (١) ٢٦,٥٠ متراً، فيكون منسوبه بعد ١٠٠ متر أى عند النقطة (٦) = ٢٥,٥٠ متراً.

ولحساب مناسيب خط الإنشاء (محور الطريق) عند النقط ٢، ٣، ٤، ٥
نجرى الآتى:

نسبة الانحدار : ١٠٠ : أى متر كل ١٠٠ متر

٠٠ مقدار الانحدار فى مسافة ٢٠ متر = ٢٠ سم.

فيكون المنسوب عند النقطة

$$(2) = 26.50 - 0.20 = 26.30 \text{ مترا}$$

$$(3) = 26.30 - 0.20 = 26.10 \text{ مترا}$$

$$(4) = 26.10 - 0.20 = 25.90 \text{ مترا}$$

$$(5) = 25.90 - 0.20 = 25.70 \text{ مترا}$$

$$(6) = 25.70 - 0.20 = 25.50 \text{ مترا}$$

أما في المائة متر الثانية فتتغير نسبة الإنحدار إلى ١ : ٢٠٠، أى أن الطريق ينخفض منسوبه مترا كل ٢٠٠ متر. أى ينخفض $\frac{1}{2}$ متر في مسافة ١٠٠ متر. وعلى هذا يكون منسوبه عند النقطة (١١) التي تبعد ٢٠٠ مترا من بداية القطاع، ١٠٠ مترا من النقطة (٦) $= 25.50 - 0.50 = 25.00$ مترا وتكون مناسب النقطة ٨، ٩، ١٠ كالآتي:

الطريق ينخفض مترا كل ٢٠٠ متر أى ١٠ سم كل ٢٠ مترا.

$$\text{ومنسوبه عند النقطة (٧)} = 25.50 - 0.10 = 25.40 \text{ مترا}$$

$$\text{ومنسوبه عند النقطة (٨)} = 25.40 - 0.10 = 25.30 \text{ مترا}$$

$$\text{ومنسوبه عند النقطة (٩)} = 25.30 - 0.10 = 25.20 \text{ مترا}$$

$$\text{ومنسوبه عند النقطة (١٠)} = 25.20 - 0.10 = 25.10 \text{ مترا}$$

$$\text{ومنسوبه عند النقطة (١١)} = 25.10 - 0.10 = 25.00 \text{ مترا}$$

أما في المسافة الباقية من القطاع أى من النقطة (١١) إلى النقطة (١٤)، فنجد أن محور الطريق يصبح أفقيا، أى أن منسوبه في كل من هذه النقط = ٢٥،٠٠ متر.

ومن واقع هذه المناسيب لمحور الطريق يرسم خط الإنشاء على القطاع وتظلل مناطق الحفر ومناطق الرفع، كما تلوّن هذه المناسيب في خطة المنسوب خط الإنشاء بالجدول أسفل القطاع تحت كل نقطة.

٢- حساب كميات الحفر والرفع:

(أ) يمكن حساب لارتفاع الحفر أو الرفع من واقع مناسب سطح الأرض

ومناسب خط الإنشاء وبدل شكل القطاعين ما إذا كان هذا الارتفاع حفراً أم ردماً.

ارتفاع الحفر أو الردم = منسوب النقطة - منسوب خط الإنشاء
وإذا كان الناتج موجباً دل ذلك على أنه حفرة، أما إذا كان سالباً فيدل على أنه ردم.

وبدون الناتج في خاتمة ارتفاع الحفر أو الردم كما هو واضح في الشكل رقم (١٩٧).

(ب) ولحساب مسطح الحفر أو الردم:

نجد أن عرض الطريق المطلوب إنشاؤه ٨ أمتار والميول الجانبية بنسبة ٣:٢، وهذه الميول الغرض منها دعم جوانب الطريق حتى لا تنهار إذا كانت جوانبه رأسية. ولحساب نسبة الميل نجد أن الجانب الرأسى للميل $\frac{3}{2}$ الجانب الأفقى أو العكس أي أن الجانب الأفقى $\frac{2}{3}$ "جانب الرأسى"، فإذا كان الجانب الأفقى = ٣ كان الجانب الرأسى = ٢ (وحدة).

أي أن مسطح قطاع الطريق عند أى نقطة عبارة عن شبه منحرف، طول قاعدته الصغرى (السفلى) فى حالة الحفر والعلية فى حالة الردم) = ٨ أمتار.

وطول قاعدته الكبرى = طول القاعدة الصغرى + ضعف $(\frac{3}{2})$ الفرق بين منسوب القاعدتين).

وارتفاعه = الفرق بين منسوب خط الإنشاء ومنسوب الأرض

وعلى هذا يكون مسطح الطريق عند النقطة (١)

طول القاعدة الصغرى = ٨ أمتار، ارتفاعه = ١.٠٣ متر

طول قاعدته الكبرى = ٨ + $(\frac{3}{2} \times ١.٠٣)$ = ١١.٠٩ متر

∴ المسطح = $\frac{١.٠٩ + ٨}{2} \times ١.٠٣ = ٩.٨٣١٣٥$ متر^٢

ومسطح قطاع الطريق عند النقطة (٢).

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ٨ أمتار، ارتفاعه = ١.٨٢ متر

طول قاعدته الكبرى = $(1,82 \times \frac{3}{4}) \times 2 + 8 = 13,46$ متراً.

∴ المسطح = $1,82 \times \frac{13,46 + 8}{4} = 19,5286$ متر²

ومسطح قطاع الطريق عند النقطة (٦)

طول قاعدته شبه المنحرف الصغرى = ٨ أمتار، إرتفاعه = ٠,٧٨ متر

طول قاعدته العليا = $(0,78 \times \frac{3}{4}) \times 2 + 8 = 10,34$ متر

∴ المسطح = $0,78 \times \frac{10,34 + 8}{4} = 7,1526$ متر²

وبنفس الطريقة يمكن إيجاد قطاع الطريق عند باقى نقاط القطاع. وبدون
الناج أمام كل نقطة فى خاتتى مسطح القطاعات العرضية للحفر أو الردم. ويكتفى
بكتابة الأرقام لأقرب رقمين عشرين مع التقريب. أما النقط ١٢, ٩, ٥ فنجد أن
مساحة القطاع عندها = صفر إذ أن منسوب خط الإنشاء متطبقاً على منسوب
سطح الأرض ولن تكون هناك حاجة إلى ميلول لحفظ جوانب الطريق.



شكل رقم (١٩٧) حساب كميات الحفر والردم

(ج) حساب كميات الحفر أو الردم:

يتم حساب مكعبات الحفر أو الردم بإيجاد متوسط مسطح قطاعين عرضيين متتاليين ثم يضرب هذا المتوسط في طول المسافة بينهما.

أى كمية الحفر الناتجة بين نقطتى (١)، (٢)

$$= \frac{1}{4} (\text{مسطح القطاع المرضى عند النقطة (١)} + \text{مسطح القطاع العرضى عند النقطة (٢)}) \times \text{البعد بين النقطتين.}$$

$$= \frac{1}{4} (9,83 + 19,53) \times (20 - \text{صفر}) = 293,6 \text{ متر}^3$$

كمية الحفر بين ٣،٢ = $\frac{1}{4} (17,93 + 19,53) \times (40 - 20) = 374,6 \text{ متر}^3$

كمية الحفر بين ٤،٣ = $\frac{1}{4} (10,96 + 17,93) \times (60 - 40) = 288,9 \text{ متر}^3$

كمية الحفر بين ٥،٤ = $\frac{1}{4} (1,96 \times 60 - 80) = 109,6 \text{ متر}^3$

كمية الحفر بين ٦،٥ = $\frac{1}{4} (7,15 \times 80 - 100) = 71,5 \text{ متر}^3$

ويتم حساب مكعبات الحفر والرمد بالنسبة لباقي المسافات بهذه الطريقة، ويدون الناتج في خاتمتى كمية الحفر أو الردم.

فيكون مجموع كميات الحفر الناتجة =

$$73,6 + 187,7 + 114,1 + 109,6 + 288,9 + 374,6 + 293,6 = 1442,1 \text{ م}^3$$

ومجموع كميات الردم اللازمة =

$$71,5 + 149,3 + 111,3 + 33,5 + 39,0 + 76,1 + 470,7 = 1071,4 \text{ م}^3$$

٤- الميزانية الشبكية

المثال السادس:

أثناء إجراء ميزانية شبكية لمنطقة مستطيلة طولها ٢٤٠ مترا وعرضها ١٨٠ مترا وكانت قطاعاتها مرتبة من أسفل إلى أعلى ومناسيب النقط من اليسار إلى اليمين كما فى الجدول.

القطاع النقطه	ا	ب	جـ	د	هـ	و	ز
(١)	١٢,٤٠	١٤,٠٠	١٦,١٠	١٧,٨٠	١٨,٥٠	٢٠,٢٠	٢١,٨٠
(٢)	١٥,٣٠	١٣,٩٠	١٤,٣٠	١٥,٤٠	١٦,٥٠	١٧,٨٠	١٨,٤٠
(٣)	١٧,٢٠	١٦,٦٠	١٦,٠٠	١٧,١٠	١٩,٠٠	٢٠,٤٠	١٩,٧٠
(٤)	١٩,٨٠	١٩,٣٠	١٨,٦٠	١٨,١٠	١٨,٠٠	١٩,٨٠	٢٠,٨٠

والمطلوب توزيع هذه الميزانية على لوحة بمقياس ١ : ٢٠٠٠ علما بأن المسافات بين القطاعات وبين النقط متساوية، مع رسم خريطة كنتورية للمنطقة بفواصل رأسى متر واحد.
طريقة الإجابة:

١- يرسم المستطيل س ص ع ل طوله ٢٤٠ مترا وعرضه ١٨٠ مترا طبقا لمقياس الرسم (أى ١٢ × ٩ سم). فيمثل الضلع س ص القطاع الأول والضلع ل ع القطاع الرابع. ويتقسم الضلع ص ع إلى ثلاثة أقسام كل منها = ٦٠ مترا، يتحدد بذلك نهايتى القطاعين الثانى والثالث فتجدهما موازيان للضلع س ص ويدون على كل قطاع رقمه.

ولتحديد نقط المناسبة المذكورة على كل قطاع:

المسافة بين كل نقطتين متتاليتين على القطاع

$$= \frac{\text{طول القطاع}}{\text{عدد النقط} - ١} = \frac{٢٤٠}{١ - ٧} = ٤٠ \text{ مترا.}$$

فيكتب أسفل ص ع نقطة أ وبعد ٤٠ مترا منها (أى ٢ سم) يقام عمود على الضلع س ص يقطع باقى القطاعات فيتحدد بذلك نقطة ب على كل

	ع	د	هـ	و	ز	ح
(ب)	١٩١,٨	١٩٢	١٩٦	١٩١	١٩٠	١٩٨,٨
(٣)	١٧,٣	١٦,٦	١٦,٠	١٧,١	١٩,٠	١٧,٧
(٢)	١٥,٣	١٣,٩	١٤,٣	١٥,١	١٦,٥	١٧,٨
(١)	١٥,٤	١٦,٠	١٦,١	١٧,٨	١٨,٥	١٩,٨
	ف	ب	جـ	د	هـ	و

شكل (١٩٨) توزيع الميزانية الشكبية

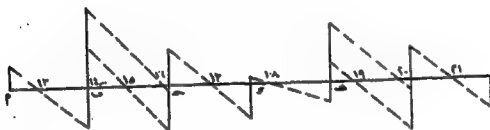
قطاع، وبعد ٨٠ مترا من أ يقام عمود آخر فتحدد نقطة جـ على كل قطاع وهكذا حتى تنتهى بالضلوع م ل فيكتب أسفل نقطة ز. وبعد رسم شبكة النقاط يكتب على كل نقطة على كل قطاع منسوبها كما في الشكل (رقم ١٩٨)

٢- ولرسم خطوط الكتور تتبع مايتى:

نبدأ بالمسافة بين النقطتين أ، ب على القطاع الأول، فنجد أن منسوب أ = ١٢,٤٠ مترا، منسوب ب = ١٤,٠٠ مترا، أى أنه فى المسافة بين أ ب توجد نقطة منسوبها ١٣,٠٠ مترا. ولتحديد هذه النقطة: نمد عمودين متضادين عند نقطتي أ، ب بحيث يكون طوله عند أ = ١٣,٠٠ - ١٢,٤٠ = ٠,٦٠ (وحدة) وطوله عند ب = ١٤,٠٠ - ١٣,٠٠ = ١,٠٠ (وحدة) ليكون طول العمودين بأى وحدات مختارة وليس ضروريا أن يكون بنفس مقياس الرسم، ثم نصل بين نهايتى هذين العمودين فيقطع الخط الواصل بينهما المسافة أ ب فى نقطة هى نقطة منسوب ١٣,٠٠ متر

ويكرر العمل بين نقطتي ب، جـ فتجد أنه في المسافة بينهما يوجد منسوب $١٥,٠٠$ ، $١٦,٠٠$ مترا. ولتحديد هـا: نقيم عمودا من نقطة ب طوله وحدة واحدة وعمودا مضادا له من نقطة جـ طوله $١٦,١٠ - ١٥,٠٠ = ١,١$ وحدة، ثم نصل خطا بين نهايتي هذين العمودين فيقطع المسافة ب جـ في نقطة ذات منسوب $١٥ =$ مترا. ثم نمد العمود المقام عند النقطة ب ليصبح طوله وحدتين أما العمود المقام عند نقطة جـ طوله $٠,١$ وحدة، ونصل بين نهايتيهما فتحدد النقطة ذات المنسوب ١٦ مترا على الخط ب جـ.

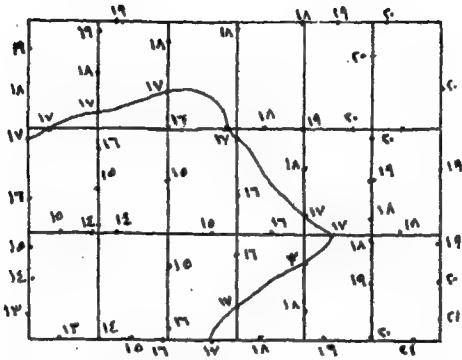
ويكرر العمل بنفس هذه الطريقة بالنسبة لباقي المسافات على هذا القطاع ثم تنتقل إلى القطاعات التي تليه، ويجرى نفس العمل على المسافات بين النقاط المتماثلة بين كل قطاعين متتاليين (مثل المسافة من نقطة أ على القطاع (١) إلى نقطة أ على القطاع (٢) حتى تحدد جميع نقط الكتور. والشكل رقم (١٩٩) يبين تحديد نقط الكتور على القطاع (١).



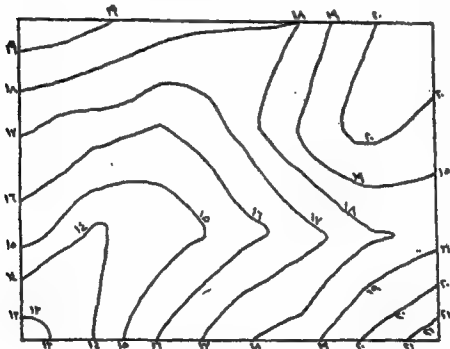
شكل (١٩٩) توضيح نقط الكتور على خط القطاع (١)

وبعد الإنتهاء من تحديد نقط الكتور على جميع الأضلاع بشبكة الميزانية يصبح لدينا الشكل رقم (٢٠٠).

ومن تعريف خط الكتور بأنه وخط وهمي يصل بين مناسيب النقاط التي تتساوى في إرتفاعها عن منسوب سطح البحر أو مستوى المقارنة نقوم بتوصيل كل مجموعة من النقاط التي تتساوى في منسوبها بخط كتوري و نرقم تبعاً لمنسوب النقط التي يصل بينها فنحصل بذلك على خريطة كتورية للمنطقة كما في الشكل رقم (٢٠١).



شكل رقم (٢٠٠) نقاط الكتور على شبكة الميزانية مع بيان خط كتور ١٧ مع



شكل رقم (٢٠١) الخريطة الكتورية للمنطقة

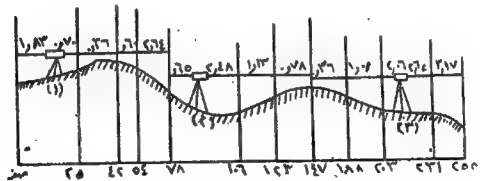
تمارين على الميزانية

١- أجريت ميزانية طولية على محور جسر لربعة فكانت قراءات القامة كما يلي:
 (٠,٣٥)، ١,١٤، ٢,١٨، ١,٦٨، (٢,٠٩)، ١,٤٢، (٠,٩٧)، ٣,١٩،
 ٢,٢٥، ١,١٦، ٣,١٧، ٢,٤٣. علما بأن القراءات بين الأقواس مؤخرات
 ومنسوب النقطة الثامنة ١٢,٤٣ مترا فوق سطح البحر، كما أن المسافات بين
 جميع النقاط متساوية = ٢٥ مترا.

المطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية بطريقة الإرتفاع والإنخفاض
 وتحقيقها حسابيا ورسم قطاع طولى لها بمقياس رسم مناسب.

٢- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية: ٢,٣٤، ١,٢٧، ١,٢٨، ٣,١٥،
 ٠,٧٥، ٢,٨٨، ١,١٩، ٠,٢٤، ٣,١٤، ٢,١٥، ١,٤٨، ٢,٦٦، ٠,٧٥
 علما بأن النقاط ٩، ٨، ٥ محاور دوران للميزان وأن منسوب النقطة الرابعة
 ٣,١٥ أمتار والمطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل وحساب
 مناسب النقاط بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيقها.

٣- الشكل الآتى (رقم ٢٠٢) يبين كروكى لميزانية أجريت بالميزان المساحى.
 والمطلوب وضع قراءات القامة وحساب مناسب النقاط في جدول ميزانية
 بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيقها علما بأن منسوب النقطة الأخيرة
 ١٨,٩٥ مترا فوق سطح البحر.

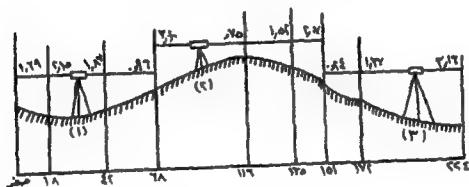


شكل (٢٠٢)

٤- عند القيام بإجراء ميزانية طولية أخذت القراءات الآتية على القائمة: ٢,٥٦ ، ٢,٥٩ ، ١,٤٤ ، ٣,١٧ ، ٣,٢٨ ، ١,٠٧ ، ٠,٨٥ ، ١,٦٧ ، ٠,٣٥ ، ١,٥٠ ، ١,٤٤ - القراءات بين الأقواس مقدمات.

فإذا كانت النقطة ٦,٥,٣ نقطة دوران للميزان وكان منسوب النقطة الثامنة (الأخيرة) ٦,٣٥ أمتار فوق سطح البحر. المطلوب حساب مناسيب باقى النقاط بطريقة الارتفاع والإنخفاض مع تحقيق الميزانية حسابيا ثم رسم قطاع طولى للميزانية بمقياس رسم مناسب علما بأن المسافات بين النقاط متساوية = ٢٠ مترا.

٥- الكروكي الآتى شكل (٢٠٣) عبارة عن قطاع طولى لميزانية، والمطلوب وضع قراءات القائمة فى جدول ميزانية كامل بطريقة منسوب سطح الميزان مع حساب منسوب كل نقطة علما منسوب النقطة (٤) ١٦,٠٨ مترا. مع رسم هذا القطاع بدقة بمقياس ١ : ١٠٠٠ ومقياس رأسى ١ : ٥٠٠.



شكل رقم (٢٠٣)

٦- الجدول الآتى يمثل م سيب نقط على قطاعات أخذت أثناء إجراء ميزانية شبكية لقطعة أرض، أبعادها ٢٥٠ مترا × ١٦٠ مترا. والمطلوب رسم خريطة كتشورية لهذه الأرض بفواصل رأسى قدره ٢ متر متبداً بخط كتشور ١٤ مترا بمقياس رسم ٨٠٠/١ علما بأن القطاعات مرتبة من أسفل إلى أعلى والنقط مرتبة من اليسار إلى اليمين.

نقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١
القطاع أ	٢٧,١	٢٧,٦	٢٨,٠	٢٧,٥	٢٨,٣	٢٩,١	٢٨,٠	٢٣,٨	٢٢,٥	٢٠,٢	١٨,٠
القطاع ب	٢٦,٢	٢٤,٠	٢٣,٢	٢٤,٠	٢٦,٠	٢٧,٢	٢٤,٩	٢٢,٠	١٩,٦	١٦,٠	١٣,٨
القطاع جـ	٢٣,٠	٢٠,٦	١٩,٦	٢١,١	٢١,٥	٢٢,٠	٢٢,٨	٢٣,٥	٢١,٦	٢٠,٠	١٧,٧
القطاع د	٢٢,٣	١٨,٣	١٧,١	١٩,٧	٢٤,٤	٢٨,٠	٢٨,٥	٢٧,٥	٢٦,٠	٢٤,٢	٢٢,٠
القطاع هـ	٢٢,٦	٢١,٨	٢١,٢	٢٠,٠	٢٣,٠	٢٥,٣	٢٨,٠	٢٠,٩	٢٨,٤	٢٥,٣	٢٣,٨

٧- الجدول التالي يبين مناسيب نقط أخذت على محور طريق يراد إنشاؤه.

نقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
المسافة	صفر	٢٥	٤٨	٧٦	١٠٨	١٣٣	١٥٧	١٨٩	٢١٥	٢٤٠
المنسوب	٢٦,١٨	٢٥,٣٦	٢٤,٢٧	٢٤,٨١	٢٧,٨٧	٢٧,١٦	٢٧,٨٧	٢٥,١٦	٢٥,٠٤	٢٤,١٢

فإذا علم أن الطريق يبدأ بمنسوب ٢٥,٥٠ متراً عند النقطة (١) ويستمر أفقياً مسافة ١٠٨ أمتار ثم ينحدر إلى أسفل باقى المسافة بنسبة ١/٢٠٠، وأن عرضه ١٢ متراً والميول الجانبية بنسبة ٥,٣. المطلوب رسم قطاع طولى لسطح الأرض والطريق المقترح بمقياس رسم أفقى ١/١٠٠٠ ورأسى ١/٥٠ مع حساب كميات الحفر والردم اللازمة للمشروع.

٨- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية على محور طريق: (١,٩٢)، (٢,١٧)، (٣,٠٠)، (٢,٨٥)، (٠,٨٥)، (١,٤٣)، (٢,١٨)، (١,٠٧)، (٠,٣٦)، (٢,٨٨)، (٠,٤٧)، (١,١٥)، (٢,٢٤)، (٣,١٨). القراءات بين الأقواس مؤخرات.

والمطلوب وضع هذه القراءات فى جدول ميزانية كامل وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان، علماً بأن منسوب النقطة الخامسة ٢٤,١٣ متراً. مع رسم قطاع بمقياس رسم مناسب إذا كانت المسافات بين النقط متساوية = ٢٥ متراً.

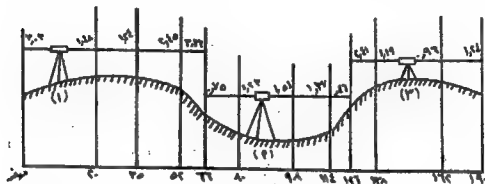
٩- الشكل الآتي رقم (٢٠٤) عبارة عن ميزانية شبكية أخذت لمنطقة ما وكانت المسافة بين النقط على كل قطاع ٤٠ مترا والمسافة بين كل قطاع والذي يليه ٥٥ مترا. والمطلوب رسم خريطة كتوتيرة لهذه المنطقة بفواصل رأسى قدره ٥ أمتار (ابتداء من خط كتوتير ٤٥ مترا) بمقياس رسم ١ : ٧٠٠.

٨٧	٨١	٧٤	٦٥	٥٨	٥١	٦١
٨٢	٧٧	٧١	٦٤	٥٣	٥٤	٦١
٧٤	٧٠	٦٢	٥١	٤٥	٥٩	٦٠
٦٣	٥٩	٥٥	٤٥	٤١	٦٢	٦٢
٦٤	٥٦	٤٧	٤٠	٥١	٦١	٦٨

شكل رقم (٢٠٤)

١٠- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية: ٠,٣٧، ٠,٩٨، ١,١٤، ٢,١٨، ٣,١٥، ٢,٦٧، ١,٤٨، ٠,١٧، ٣,٢٨، ٢,١٨، ١,٣٦، ١,٠٩، ٠,٤٥، ٠,٠٠. علما بأن الميزان نقل إلى وضع آخر بعد القراءة الثامنة، كما أن النقطة الأخيرة (رقم ١٢) وهو منسوب ٧,١٣ مترا والمطلوب حساب مناسب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيق الميزانية حسابيا ورسم قطاع للميزانية بمقياس أفقى ١ : ١٢٠٠ ومقياس رأسى ١ : ١٠٠، علما بأن المسافة بين كل نقطتين متاليتين ٣٠ مترا.

١١- الكروكي الآتي شكل (٢٠٥) يمثل ميزانية أجريت بين تلمين، والمطلوب تصميم جدول ميزانية بطريقة الإرتفاع والإنخفاض ووضع قراءات القامة أمام كل نقطة فيه وحساب منسوبها، علما بأن منسوب النقطة الثالثة ٦,١٤ أمتار فوق سطح البحر مع رسم قطاع طولي لهذه الميزانية بمقياس رسم أفقي ١/٥٠٠ ومقياس رأسي ١/٥٠.



شكل رقم (٢٠٥)

١٢- أخذت المناسيب الآتية على محور ترعة يراد تطهيرها وتعميقها.

نقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١
مسافة	٣٢	٦٦	٩٨	١٣٢	١٦٤	١٨٩	٢٠٥	٢٥١	٢٨٧	٣٢٠	٣٦٠
النسب	٩,٣٢	١٠,١٥	٩,٦٨	٩,٤٣	٩,٩٧	١٠,٣٥	١٠,٧١	١٠,١٢	٩,٦٤	٩,٣٠	٨,٨٦

فإذا كان منسوب الترعة المقترح عند أول الميزانية = ٩,٠٠ أمتار ومنحدرة إلى أسفل بنسبة ١ : ٣٠٠ علما بأن عرضها ١٠ أمتار وميولها الجانبية بنسبة ٤ : ٣ والمطلوب رسم قطاع تصميمي لهذه الميزانية ومحور الترعة المقترح بمقياس رسم مناسب مع حساب كميات الحفر الناتجة.

١٣- الشكل التالي رقم (١٩٣) عبارة عن شبكة من النقاط تم معرفة مناسيبها بواسطة ميزانية شبكية، والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه المنطقة بمقياس

رسم ١:٠٠٠٠ بفواصل كنتوري قدره مترا واحدا، علما بأن المسافات بين
النقط والقطاعات متساوية = ٤٠ مترا.

٢٤.٢	٢٥.٣	٢٦.٨	٢٩.٥	٢١.٢	٢٦.١	٢٥.٠	٢٤.٢
٢٥.٠	٢٦.٤	٢٨.٠	٢٩.٥	٢٨.٩	٢٩.٧	٢٦.٥	٢٥.٥
٢٤.٢	٢٦.٤	٢٨.١	٢٩.٥	٢٩.٥	٢٩.٠	٢٦.٨	٢٦.٦
٢٤.٦	٢٥.٥	٢٦.٧	٢٦.٨	٢٩.٠	٢٩.٢	٢٨.٠	٢٦.٨
٢٤.٠	٢٦.٨	٢٥.٢	٢٥.٨	٢٦.٩	٢٨.٠	٢٧.٨	٢٤.٩
٢٤.٤	٢٦.٨	٢٤.٢	٢٥.٠	٢٥.٨	٢٦.٢	٢٤.٥	٢٦.٢

شكل رقم (٢٠٦)

١٤- الجدول التالي يبين مناسيب نقط في ميزانية سلسلة والمسافات بين النقط
كل ٢٠ مترا:

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
النسب	٦.٤٣	٥.٧٦	٥.٩١	٦.٧٥	٧.١٣	٧.٥٢	٨.٢٤	٧.٤٣
النقطة	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
النسب	٧.٠٦	٧.٧٠	٦.٢٢	٥.٨٤	٥.٢١	٦.١٥	٦.٥٠	٦.١٤

فإذا كان المطلوب مد ماسورة مياه على طول هذه المسافة بحيث تكون أفقية
وعلى منسوب ٦.٣٠ أمتار. فما مقدار كمية الحفر الناتجة علما بأن عرض الحفر
٠.٨٠ مترا وجوانبيه عمودية، أما في المناطق التي يقل منسوبها عن منسوب

الماصورة فيتم وضع قوائم لمد الماسورة عليها. مع رسم قطاع الميزانية وخط الإنشاء بمقياس أفقى ١/١٠٠٠ ومقياس رأسى ١: ٥٠.

١٥- أدخلت القراءات الآتية عند إجراء ميزانية متصلة من النقطة (١) إلى النقطة (١٤): ١, ١٧, ٠, ٨٢, ٠, ٤٩, ٠, ٧٥, ٠, ٢٣, ٠, ١٤, ٢, ٨٦, ١, ٣٤, ١, ٨٦, ١, ٧٥, ٠, ٧٥, ١, ٢٨, ٢, ١٤, ٢, ٥٨, ٢, ٢٧, ١, ٩٨, ١, ٧٥, ٠, ٨٨, (القراءات بين الأقواس مقدمات) والمسافة بين كل نقطة وأول الميزانية على التوالي كما يلى:

صفر, ٢٨, ٥٥, ٧٣, ١٠٩, ١٣٢, ١٥٦, ١٧٨, ٢١٥, ٢٢٢, ٢٦٨, ٢٩٥, ٣٢١, ٣٥٠ مترا.

والمطلوب وضع هذه القراءات والمسافات فى جدول ميزانية وحساب مناسب للنقط بطريقة الارتفاع والانخفاض، علما بأن منسوب النقطة التى عليها القراءة الخامسة ١٨, ٢٥ مترا فوق سطح البحر، مع رسم قطاع طولى بمقياس أفقى ١: ١٥٠٠ ورأسى ١: ١٠٠.

١٦- الجدول التالى يبين مناسب نقط لميزانية شبكية لمنطقة ماء، والمسافة بين كل قطاع والذى يليه ٥٠ مترا والمسافة بين كل نقطة وأخرى ٣٠ مترا من أعلى إلى أسفل والنقط من اليسار إلى اليمين. والمطلوب رسم خريطة كتشورية لهذه المنطقة بفواصل رأسى قدره مترا واحدا بمقياس رسم ١: ١٠٠٠.

قطاع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
أ	٢١,٨	٢٠,٥	١٩,٧	١٩,٣	١٨,٢	١٩,٧	٢٠,٤	٢١,٠	٢٢,١	٢٢,٨
ب	١٩,٠	١٨,٤	١٨,٢	١٧,٨	١٩,٣	٢٠,١	٢١,٠	٢٢,٢	٢٣,٠	٢٣,٦
ج	١٥,٤	١٦,٠	١٧,٠	١٧,٨	١٨,٧	٢٠,٥	٢١,٩	٢٣,٢	٢٤,٦	٢٦,٧
د	١٧,٨	١٩,٠	١٩,٢	١٨,٦	١٧,٨	٢٠,١	٢٢,٥	٢٣,٢	٢٥,٠	٢٦,٣
هـ	٢٠,٠	٢٢,٨	٢١,٦	٢١,٠	١٩,٨	١٨,٨	٢١,٠	٢٢,٢	٢٣,٥	٢٤,٤
و	٢١,٦	٢٣,٠	٢٣,٣	٢٢,٥	٢١,٢	١٩,٤	٢٠,٣	٢٠,٨	٢١,٤	٢٢,٦

الفصل العاشر

المساحة التصويرية

مقدمة تاريخية :

لعل أول ملاحظة عن الإسقاط الضوئي، تلك التي ترجع إلى أرسطو حوالي عام ٥٠ قبل الميلاد، بملاحظته صورة مستديرة للشمس على جدار غرفة مظلمة، ولاحظ أن أشعة الشمس تنفذ إلى الغرفة من خلال ثقب صغير. وقد كتب ليوناردو دافنشي عن آلة التصوير Camera Obscura عام ١٥٠٠ بعد الميلاد. وفي عام ١٨٠٢ ظهرت الصور الفوتوغرافية عندما تمكن توماس وايدجود Thomas Wide Good من طبع بعض الصور (دون تثبيتها) على رقائق من الجلد مغطاء بطبقة من ترات الفضة.

ويرجع الفضل إلى إكتشاف الإبصار المجسم إلى وحثون Whittestone الذي بدأ تجاربه في هذا المجال عام ١٨٣٢، ولم يمض بضعة سنوات حتى استطاع أن يصمم أول نوع من الاستريوسكوب ذي المرايا، كأداة لإمكان المشاهدة المجسمة من أزواج الصور عام ١٨٣٨. وبدأت فكرة إمكان استخدام الصور في المساحة الطبوغرافية عام ١٨٤٠، من خلال تقرير قدمه الجيوديسي الفرنسي أرجو Argo للأكاديمية الفرنسية للعلوم.

وكان أول من استخدم الصور في إنشاء الخرائط الطبوغرافية المهندس الفرنسي ايميه لويدييه Aimé Laussedat بسلامح المهندسين الفرنسي. وبدأت محاولاته عام ١٨٤٩ حتى عام ١٨٥٨ عندما نجح في رسم خرائط لأجزاء من باريس، بواسطة آلة تصوير معلقة ببالون، مرتفع في الجو. وفي عام ١٨٦٧ عرض في باريس جهاز «فوتو - تيودوليت»^(١) مع خريطة للمدينة، تم إنشاؤها من

(١) عبارة عن جهاز يجمع بين التيودوليت وآلة التصوير.

الصور المأخوذة بهذا الجهاز، أثبتت نجاحها عند مقارنتها بالخرائط الناتجة عن طريق المساحة الأرضية. وفي نفس الوقت ابتكر بيرو Perro الإيطالي، آلة تصوير تستخدم فيها مبادئ البانوراما لتصوير المنظر الكلي الأفقى حول كل محطة أرضية (مركز الجهاز). وكانت هذه الآلة مجهزة بتلسكوب وبوصلة وميزان. وابتكر شفاليروف Chavallierof البلاشيطة الفوتوغرافية،^(١) عام ١٨٦٨.

وفي عام ١٩٠٠ استطاع الكابتن شيمפלج Sheimpflag بالجيش النمساوى، أن يقدم حلاً لمشكلة التصوير الجوى، التى واجهت لويزدها، للحصول على صورة تغطى كل المنطقة التى يمكن رؤيتها من موقع آلة التصوير. وذلك عن طريق تصميم آلة تصوير مزودة بسبع عدسات مائلة ومجموعة حول عدسة ثامنة فى الوسط تعلق فى البالون. وتنتج صورة واحدة رأسية وسبعة صور مائلة. ويمكن تحويل هذه الصور الثمانية إلى صورة واحدة رأسية باستخدام جهاز ابتكره أسماه "Universal Transformer Printer". وكانت مشكلته تتركز فى ضبط أفقية آلة التصوير، خاصة وهى معلقة فى البالونات الثابتة أو الحرة. وقد رُجِدَ منطاد زبلن مزوداً بمثل هذه الآلة عندما أَسْرَ فى فرنسا عام ١٩١٤.

وقد كان لإختراع الطائرة بواسطة الأخوين رايت Wright عام ١٩٠٢، أثره الفعّال فى المساحة الجوية. واستخدمت الطائرة لأول مرة عام ١٩١٣ فى الحصول على صور جوية لإستخدامها فى المساحة الطبوغرافية، وتوسع إستخدامها أثناء الحرب العالمية الأولى.

وتعتبر سنة ١٨٩٢ نقطة تحول هامة فى تاريخ هذا الفن وتطور أجهزة القياس والرسم لتجهيز الخرائط من الصور مع تطور وسائل التصوير، وذلك بإكتشاف ستولر Stolz لنظرية العلامات العائمة Floating Marks. وتبعه دكتور بولفريخ Dr. Pulfrich الألماني الذى اعتمد على هذه النظرية فى القياس من أزواج

(١) تضمد فكرة البلاشيطة الفوتوغرافية، على تسجيل الصور على لوح واحد فى وضع أفقى حيث تمكس الأشعة الأفقية بواسطة قائمة باستخدام منشور زجاجى فتصبح رأسية (إلى أسفل)، وذلك مع دوران آلة التصوير للحظة مع الأكداد.

الصور باستخدام الاستريوسكوب. وكللت مجهوداته بالنجاح عام ١٩٠٩ عندما اكتشف الطريقة العملية للقياس بالعلامات العائمة وتمكن من تصميم جهاز استريو كمبيوتر Stereocomperator. وما تزال الطريقة التي إكتشفها بولفريخ، هي الأساس لمعظم الطرق الحديثة التي تستخدم فيها الصور الاستريوسكوبية حتى الآن.

وجدير بالذكر أن أبحاث المساحة التصويرية (فوتوجرامترى Photogramme-try) لم تكن وقفاً على أوروبا فقط. ففي كندا، أدخل الكابتن ديفيل Diville المساحة التصويرية الأرضية في إنشاء وإنتاج الخرائط الكندية عام ١٨٨٨. واستحدث عدة طرق كللت كلها بالنجاح. فقد استخدم التيردوليت المزود بألة تصوير في أعمال الغيط، كما ابتكر أول جهاز استريوسكوبى، ونشر بحثاً مبتكراً عن المساحة التصويرية عام ١٨٩٥. وفي الولايات المتحدة الأمريكية، استخدم الجيش الإتحادى الأمريكى Union Army، المساحة التصويرية لأول مرة عام ١٨٨٨، كما ذكر في تقرير الملازم هنرى ريد Henry Reed الذى كان يعمل فى كلية وست بوينت West Point وذلك فى كتابه «التصوير واستخدامه فى المساحة». وقبل ذلك فى عام ١٨٦٢. استخدمت آلات التصوير المعلقة فى البالونات لتصوير أراضي العدو ومواقعهم، وجمعت المحاوله إذ أمكن تصوير مساحات كبيرة وظهرت فى الصور الأنهار والطرق والمستنقعات والغابات وكل المظاهر الطبوغرافية.

هذا وقد بدأ تقدم المساحة التصويرية الجوية بطيئاً، حتى جاءت الحرب العالمية الأولى، فأخذت تسرع فى تقدمها بدرجة محسوسة. فقد نبهت الحرب الأذهان إلى أهمية التصوير الجوى للأغراض الحربية والمدنية على السواء. وقد أتى كثير من مهندسى المساحة الجيولوجية الأمريكية - الذين خدموا فى القوات المسلحة - بأرصاد وملاحظات أوجدت اهتماماً كبيراً بطرق واستخدام التصوير الجوى فى عمل الخرائط

المستوى^(١) والطبوغرافية. وبعد الحرب العالمية الأولى، اخترعت آلات تصوير وأجهزة استريوسكوبية أحدث لا حصر لها في كل من أوروبا وأمريكا. وقد صاحب تطور الطائرات، تطور مماثل في طرق رسم الخرائط من الصور الجوية. وكانت أول صور أعُخذت من الطائرة لإنشاء الخرائط المساحية، عام ١٩١٣، أمكن بها عمل «موزيك Mosaic»^(٢) لمدينة بنغازى.

وقد زاد الاهتمام بدراسة الصور الجوية وتقدم هذا الفن خلال الحرب العالمية الثانية، وكان له قفزات واسعة في تقدمه. فاستخدمته قوات المحور على نطاق واسع فى غزو فرنسا، ووضع خطة ضرب مطار الحلفاء فى الجبهة الغربية. وقد تنبأ القائد الألماني الشهير، الجنرال فرانهايم فون فراينج Vranheim Von Vreich عام ١٩٣٨، بأهمية التصوير الجوى عندما ذكر «أن الدولة التى تملك أكثر أجهزة الاستكشاف الجوى فعالية، هى التى سوف تكسب الحرب». وقد أدرك الحلفاء أهمية هذا الفن، وتوسعوا فى دراسته وتوسيع نتائجه باهرة، وإبتكار الأجهزة الخاصة بقراءة وتحليل الصور الجوية، وإنشاء الخرائط الكتنورية والطبوغرافية بإستخدامها. ولعب هذا التقدم دوراً هاماً فى حصار ليننجراد، وفى معارك المحيط الهادى عام ١٩٤٣.

ونتيجة للتنافس الشديد بين الدول الكبرى أثناء الحرب وبعدها، فى تطوير وسائلها للإستكشاف والتنجس من الجو وإستحداث طرق أكثر تقدماً لهذا الغرض، فقد مهد كل ذلك للتقدم الهائل فى مجال المساحة التصويرية حتى الآن. وكما هى الحال فى معظم الاحتراعات والوسائل العلمية المتقدمة، إستطاع العلماء تطوير هذه التقنيات المتقدمة فى التطبيقات المدنية.

وتعتبر المساحة التصويرية اليوم، أساساً لكل أنواع الخرائط بدءاً من الخرائط

(١) وتسمى الخرائط البلانيمية Planimetric Maps ولا تظهر فيها الخطوط الكتنورية.

(٢) الموزيك عبارة عن مجموعة من الصور الجوية الرأسية المجمعة.

ذات المقياس الصغير إلى الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية بما فيها من خطوط
الكتشور ذات الفاصل الرأسى الصغير كما فى المدن والمشروعات والأغراض
العديدة الأخرى للمساحة.

وبجانب أجهزة التصوير العادية المستخدمة فى المساحة التصويرية. يستخدم
فى الوقت الحاضر وسائل حديثة وأجهزة أكثر تقدماً، تعتمد أساساً على إستخدام
خاصية الموجات الرادارية واللاسلكية والأشعة تحت الحمراء وهو ما يعرف بفن
الإستشعار عن بعد Remote Sensing عن طريق الأقمار الصناعية التى تخزن
على لإرتفاعات شاهقة من سطح الأرض. وتعتبر هذه الطرق من أحدث الوسائل
للحصول على معلومات أرضية لا يمكن الحصول عليها بواسطة التصوير
العادى.

تعريف المساحة التصويرية :

المساحة التصويرية هى العلم الذى يمكن بواسطته الحصول على
مقاييس وأبعاد الظاهرات الطبوغرافية من الصور. فهى علم تعيين مواقع
النقط على سطح الأرض بعضها بالنسبة للبعض وإنشاء الخرائط، وذلك
عن طريق صور فوتوغرافية لسطح الأرض تظهر فيها المعالم الطبيعية أو
الصناعية الموجودة عليها. وتعتبر الصورة كقطاع مستوى مع حزمة من
الأشعة الصادرة من نقطة الهدف (أو الأهداف) ومارة بمركز تجمع
Perspective Center.

وكلمة «فوتوجرامترى Photogrammetry» مركبة من ثلاث كلمات
لاتينية. فمقطعها الأول Photo معناها الضوء، والمقطع الثانى Gramma وتعنى
الرسم بينما المقطع الثالث Metron فمعناها قياس، أى أن المعنى الكلى «قياس
الرسم من الضوء».

وتقسم المساحة التصويرية إلى قسمين رئيس هما :

١ - المساحة التصويرية الأرضية Terrestrial Photogrammetry

حيث يتم أخذ الصور الفوتوغرافية بآلة تصوير مثبتة فوق حامل موضوع على سطح الأرض في مكان معلوم تماماً. وهنا يكون المحور البصري لآلة التصوير أفقياً ويستخدم هذا النوع من التصوير الأفقى للحصول على صور مجسمة للمظاهر الطبيعية أو واجهات المباني (وخصوصاً الأبرية) ، ويزداد إستخدامها فى المتاحف لإنتاج صور مجسمة لتمثيل أو الأوانى وغيرها.

٢ - المساحة التصويرية الجوية Aerial Photogrammetry

وتثبت آلة التصوير فى أسفل الطائرة. ولذلك فإن موضع العدسة عند إنقاط الصور يكون غير معلوماً بالضبط. والمحور البصرى لآلة التصوير قد يكون مائلاً أو رأسياً تبعاً للظروف التى تواجه الطائرة أثناء الطيران.

والمساحة التصويرية الجوية أحدث طرق المساحة وربما أكثرها أهمية فى الوقت الحاضر. ويقصد بها رفع منطقة من الأرض مساحياً بواسطة التصوير الجوى. حيث تؤخذ الصور من الجو بواسطة آلات تصوير خاصة مثبتة فى طائرات خاصة مجهزة لهذا الغرض.

وتظهر أهمية المساحة الجوية فى توفير الوقت الكبير الذى كانت تستغرقه المساحة الأرضية بطرقها المختلفة، وما تتطلبه من جهد كبير وتكاليف باهظة وخاصة فى المناطق الشاسعة أو التى يصعب الوصول إليها أو الأراضى الوعرة أو الأراضى المغطاة بالغابات أو المستنقعات. وتستخدم المساحة الجوية فى إنشاء كافة أنواع الخرائط الطبوغرافية والكتنورية والجيولوجية وخرائط الطبيعة الأرضية (الجيوفيزيائية). كذلك تستخدم فى إنتاج خرائط أنواع التربة ومصادر المياه وأنواع المحاصيل المزروعة والكشف عن المعادن. كما تستخدم فى إنشاء خرائط دقيقة لمواقع المشروعات الهندسية الكبيرة مثل السدود والخزانات والكبارى والجسور وغيرها. هنا فضلاً عن إستخدامها فى الأغراض الحربية مثل تصوير أماكن وجود القوات العسكرية ومعرفة أبعادها وكيفية توزيعها وأسلحتها ومخازن الذخيرة ومهابط الطائرات والتعرف على نتائج الغارات الجوية... الخ. كما يفيد



آلة تصوير أرضية P 32 terrestrial Camera

إنتاج شركة Wild

التصوير الجوي فى التعرف على أماكن إختباء المخربين فى المناطق التى يصعب السيطرة عليها. فالصورة الجوية تعطينا وصفاً حقيقياً ودقيقاً لكل ما على سطح الأرض من ظاهرات طبيعية أو بشرية.

وتستخدم الصور الجوية فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى مجالات شتى، أهمها - كما سبق أن ذكرنا - إنشاء الخرائط الطبوغرافية والكتشورية والجيولوجية، بالإضافة إلى الأغراض الحربية. وتذكر فيما يلى - على سبيل المثال - بعض المجالات التى أصبحت تعتمد فى أبحاثها وأعمالها على دراسة الصور الجوية.

* الأبحاث الجغرافية المختلفة، سواء كانت طبيعية مثل الجيومورفولوجيا، أو البشرية مثل استخدامات الأرض ودراسة المدن.

* الأبحاث الجيولوجية المختلفة.

* الدراسات الزراعية مثل أنواع التربة وحصر المحاصيل الزراعية وأنواعها، والتخطيط الزراعى وشبكات الري والصرف.

* أبحاث التخطيط العمرانى وتخطيط الطرق والشبكات الحديدية ودراسة حركة المرور فى المدن فى الأوقات المختلفة.

* دراسة أنسب المواقع لإنشاء المشروعات الهندسية المختلفة.

* الدراسات الخاصة بعلوم البحار والمحيطات والأرصاد الجوية.

أنواع الصور الجوية :

١ - بإعتبار وضع الطائرة . فله التصوير :

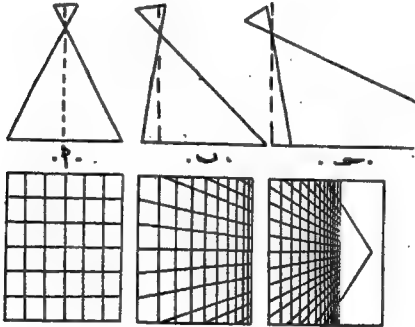
تجدر الإشارة إلى أن الطائرة قد لا تستطيع الإحتفاظ بوضعها الأفقى تماماً أثناء إلتقاط الصور الجوية، وذلك لتأثرها بالظروف الجوية التى تواجهها أثناء الطيران. لذلك فإن الصور الجوية تنقسم إلى :

١- الصور الرأسية Vertical Aerial Photographs

حيث تكون الطائرة، وبالتالي آلة التصوير - فى مستوى أفقى تماماً أو يكاد يكون أفقياً بحيث لا تتعدى درجة ميلها ٤° عن المستوى الأفقى. وفى هذه الحالة يكون المحور البصرى لآلة التصوير رأسياً، أو قريباً من الاتجاه الرأسى. وتكون الصور فى هذه الحالة أفضل الصور على الإطلاق. وهذا النوع من الصور الجوية هو المستخدم فى أغراض المساحة الجوية وإنشاء الخرائط التى تتطلب دقة عالية.

ب - الصور المائلة Oblique Aerial Photo

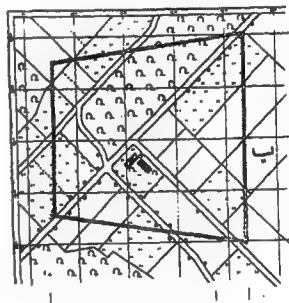
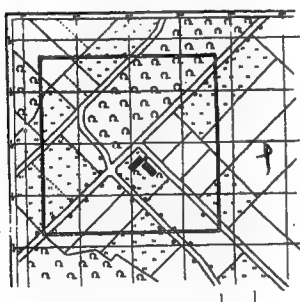
ونحصل عليها إذا كانت الطائرة مائلة عن المستوى الأفقى. وبالتالي يكون المحور البصرى لآلة التصوير مائلاً لحظة التصوير عن الاتجاه الرأسى. وقد يزداد ميله حتى يظهر خط الأفق فى الصورة. ويطلق عليها فى هذه الحالة «صورة شديدة الميل High Oblique».



شكل رقم (٢٠٧) أنواع الصور الجوية

ويوضح الشكل رقم (٢٠٧) مظهراً لشبكة من الخطوط المتقاطعة (بزوايا قائمة) كما تظهر في ثلاث صور جوية مختلفة، تم تصويرها بآلة تصوير من نقطة ثابتة، ولكن بزوايا ميل مختلفة. فهي رأسية تماماً في الصورة الأولى «أ» وقليلة الميل في الثانية «ب» وشديدة الميل في الثالثة «ج». ومن الشكل يتضح ما يلي:

- * كلما زاد ميل آلة التصوير، كلما زادت المساحة التي تظهر الصورة.
- * يزداد تشويه مقياس الرسم كلما زاد ميل آلة التصوير، إذ يزداد صغر مقياس الرسم في اتجاه الميل.
- * مساحة المنطقة التي تظهر في الصورة الرأسية مربعة الشكل. بينما تتحول إلى شبه منحرف في الصورة المائلة، ويزداد الفرق بين طولى القاعدتين المتوازيين كلما زاد هذا الميل شكل رقم (٢٠٨).



شكل رقم (٢٠٨) شكل المنطقة ومساحتها في الصور الرأسية (أ) والمائلة (ب)

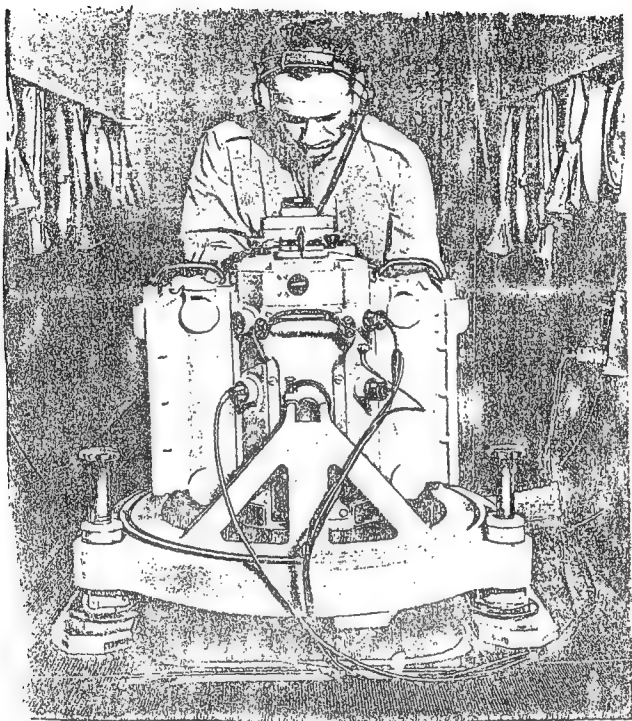
* تظهر النقطة التي تم التصوير منها منطبقاً على مركز الصورة الرأسية، بينما تظهر منحرفة عن المركز في الصورة المائلة، ولا تظهر إطلاقاً في الصورة شديدة الميل إذ يكون مسقطها الرأسى خارج نطاق الصورة.

ومن ثم فإن إستعمال الصور المائلة والتي لا تزيد درجة الميل فيها عن ٣٠° يوفر كثير من النفقات والجهد، إذا توافرت الظروف المناسبة لإستعمال هذا النوع من الصور مثل إستواء سطح الأرض أو وجود مساحات مائية كبيرة، ولكنها لا تستخدم في إنتاج الخرائط الدقيقة وإنما تستخدم في الخرائط الاستكشافية التي لا تتطلب دقة كبيرة وفي المساحات الشاسعة التي لا يمكن الوصول إليها كما تستخدم في الأغراض العسكرية. أما الصور شديدة الميل، فتقل فائدتها كثيراً كلما زادت درجة الميل، ولا يمكن إستخدامها في إنتاج الخرائط مهما قلت الدقة المرغوبة فضلاً عن صعوبة قراءتها.

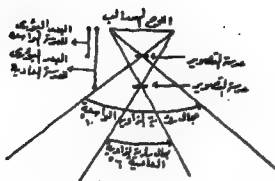
وهناك طرق لقياس درجة الميل في كل صورة، بحيث يمكن تصحيحها للحصول على صور رأسية بإستخدام أجهزة ضبط بسيطة التركيب تسمى أجهزة تعديل الصور Auto Focusing Rectifier.

٢ - بإعتبار زاوية عدسة آلة التصوير :

من المعروف أنه كلما كبرت زاوية عدسة آلة التصوير كلما زاد مجال الرؤية ، Field of View فضلاً عن تناقص البعد البؤرى لها مع ثبات أبعاد الفيلم الحساس الذى يمثل الصورة السلبية. وتستخدم فى آلات التصوير الجوى عدسات ذات إتساع يتراوح بين ٦٠° ، ١٢٠° ، والشكل رقم (٢٠٩) يوضح أثنى تصوير إتساع العدسة فى إحدهما ٦٠° وفى الثانية ١٠٠° فى حين أن أبعاد اللوح السالب واحداً فى الأثنين. ويتضح من الشكل أن مجال الرؤية - وبالتالي - المساحة التي يتم تصويرها، يزيد كلما كبرت زاوية العدسة، بإعتبار أن الأثنين على إرتفاع واحد من سطح الأرض. وذلك على حساب مقياس الرسم الناتج من الصورة والذي يزداد صفراً كلما كبرت زاوية العدسة.



آلة تصوير جوية RC 7 ذاتية الضبط إنتاج Wild



ويستخدم كل نوع من آلات التصوير ذات العدسة المختلفة في مجال رؤيتها، في أغراض وظروف معينة. وفيما يلي أنواع الصور الناتجة من كل نوع من هذه العدسات.

شكل رقم (٢٠٩)

١ - العدسات ذات الزوايا العادية Standard Normal Angles

وتتراوح فيها زاوية العدسة بين 60° ، 80° ، بعدها البؤري حوالي ٢١ سم إذا كانت أبعاد الفيلم الحساس 18×18 سم. وتستخدم مثل هذه الآلات في تصوير المناطق المطلوب إنشاء خرائط دقيقة لها وتفصيل الظاهرات التي تظهر فيها. وذلك لإنتاج الصور ذات مقياس رسم كبير، واضحة المعالم حيث يقل فيها الإزاحة بسبب إختلاف المناسيب على سطح الأرض.

٢ - العدسات ذات الزوايا الواسعة Wide Angles

حيث تبلغ زاوية العدسة ما بين $80^\circ - 100^\circ$ بعدها البؤري حوالي ١١ سم (إذا كانت أبعاد الفيلم 18×18 سم): وتنتج صوراً ذات مقياس رسم صغير نسبياً، تستخدم في إنشاء الخرائط الطبوغرافية متوسطة المقياس.

٣ - العدسات ذات الزوايا الواسعة جداً Super Wide Angles

وهي التي يزيد مجال رؤيتها عن 120° وتصل في بعض آلات التصوير الحديثة 140° ، بعدها البؤري حوالي ٧ سم (إذا كانت أبعاد الفيلم 18×18 سم) وتنتج صوراً ذات مقياس رسم صغير، ولا تظهر فيها المعالم الصغيرة

بوضوح، وتستخدم مثل هذه الصور فى إنشاء الخرائط الصغيرة المقياس قليلة التفاصيل.

وجدير بالذكر بأن أبعاد الفيلم فى معظم آلات التصوير تتراوح فيما يلى :

١٤ × ١٤ سم	وهى قليلة الاستخدام.
١٨ × ١٨ سم	أكثر الأفلام شيوعاً فى كل أنحاء العالم.
٢٤ × ٢٤ سم	وتعتمد عليها معظم أنواع آلات التصوير.
٣٠ × ٣٠ سم	تستخدم فى بعض الأغراض الخاصة.

٣ - مقياس رسم الصور الجوية :

يعتمد مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية وأبعاد المساحة للمنطقة التى تغطيها، على البعد البؤرى لآلة التصوير من ناحية، وعلى الارتفاع الذى أخذت منه الصورة - أى لارتفاع الطائرة عن متوسط مستوى سطح الأرض من ناحية أخرى. فكلما زاد الارتفاع لزيادة المساحة المغطاة بالصورة، وكذلك الحال كلما صغر البعد البؤرى لآلة التصوير.

وبين المقياس عادة على شكل كسر اعتيادى $\left(\frac{ف}{ع} \right)$ أو على شكل نسبة (ر : ع) حيث ف تمثل البعد البؤرى لآلة التصوير، ع لارتفاع آلة التصوير أى لارتفاع الطيران عن متوسط منسوب سطح الأرض. فمثلاً إذا كان البعد البؤرى = ١٢ بوصة وارتفاع الطائرة عن التصوير ٢٠,٠٠٠ قدم فوق متوسط مستوى سطح الأرض فإن مقياس رسم الصورة ١ : ٢٠,٠٠٠.

وينبغى أن نشير إلى أن مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية والكدمستريالية (التفصيلية) يتناسب مع مقياس رسم الصور الجوية تناسباً طردياً. وهذا يعنى أن هناك إختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المنشأة منها. ويتبع العلاقة بين مقياس رسم الخرائط ومقياس رسم الصورة المعادلة الآتية :

$$م = ث \sqrt{4}$$

حيث م : مقام مقياس الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر لمقياس الرسم النسبى للصورة الجوية.

ث : رقم ثابت يتغير حسب ظروف التصوير ويتراوح بين ٢٥٠ فى ظروف التصوير العادية و ٢٠٠ فى ظروف التصوير غير المناسبة.

م : مقام مقياس الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية.

وبين الجدول التالى القيم المختلفة لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية :

مقياس رسم الصورة الجوية		مقياس رسم الخريطة
ظروف تصوير غير عادية	ظروف تصوير عادية	
٨٠٠٠ : ١	٦٥٠٠ : ١	١٠٠٠ : ١
٩٠٠٠ : ١	١١٠٠٠ : ١	٢٠٠٠ : ١
١٤٠٠٠ : ١	١٧٥٠٠ : ١	٥٠٠٠ : ١
٢٠٠٠٠ : ١	٢٥٠٠٠ : ١	١٠٠٠٠ : ١

ولذلك تصنف الصور الجوية تبعاً لمقياس رسمها ومقياس رسم الخرائط المنشأة منها إلى ما يلى :

١ - صور جوية صغيرة المقياس : ومقاس رسمها أصغر من ١ : ٥٠,٠٠٠ . وتستعمل فى إنتاج الخرائط الطبوغرافية التى يقل مقياسها عن ١ :

٢٥,٠٠٠ إلى ١ : ٥٠,٠٠٠ كما تستخدم مثل هذه الصور في الدراسات الاستكشافية السريعة.

ب - صور جوية متوسطة المقياس : وتتراوح مقياس رسمها بين ١ : ٢٥,٠٠٠ ، ١ : ٥٠,٠٠٠ وتستخدم في إنشاء الخرائط الطبوغرافية فيما بين مقياس ١ : ١٠,٠٠٠ ، ١ : ٢٥,٠٠٠ كما تستخدم في دراسات تخطيط المدن والطرق والسكك الحديدية. وتعتبر الصور الجوية ذات المقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ من أنسب الصور للدراسات الجيومورفولوجية واستخدام الأرض.

ج - صور جوية كبيرة المقياس : مقياس رسمها أكبر من ١ : ٢٥,٠٠٠ وقد يصل إلى ١ : ٥,٠٠٠. وتستخدم في إنشاء الخرائط التفصيلية (الكدسترالية) وخرائط تفريد المدن وفي الدراسات التفصيلية لمواقع المشروعات الهندسية والصناعية، وحركة المرور على الطرق : تحديد الأهداف المطلوب دراستها بدقة وغير ذلك من دراسات وهي تنتج خرائط بتراوح مقياس رسمها ١ : ١٠,٠٠٠ ، ١ : ٥,٠٠٠.

مراحل المسح الجوي

هناك طرق متعددة لإعداد الصور الجوية، وهو ما يمكن أن نسميه «المساحة الجوية». وهذه الطرق والأساليب تختلف باختلاف الهدف المُفترض من هذا المسح. فإذا كان الغرض هو إنتاج خرائط بمقاييس رسم مختلفة، إستلزم الأمر استخدام أنواع خاصة من آلات التصوير وكذلك الأفلام تختلف باختلاف مقياس الرسم المطلوب. وهذه تختلف عن تلك التي تستخدم في إنتاج صور جوية لأغراض أخرى مثل الاستكشاف أو حصر وتصنيف الأراضي وغيرها من الدراسات التي تعتمد على الصور الجوية. وكما تختلف آلات التصوير المستخدمة فإن إعداد خطة الطيران وإرتفاع الطائرة وسرعة فتحة عدسة آلات

التصوير وغيرها من النواحي الفنية الأخرى تختلف تبعاً للغرض المطلوب من المسح الجوي.

ولما كانت دراستنا تهتم بالصورة الجوية اللازمة لإنتاج الخرائط والدراسات الجغرافية بصفة عامة، لذا كان من الأوفق الإشارة إلى كيفية القيام بالمساحة الجوية اللازمة لإنتاج هذه الخرائط، وهي بصورة عامة أوفى وأدق الطرق المستخدمة، بالمقارنة مع الطرق الأخرى التي تقل في دقتها أو تختصر في إجرائها بعض العمليات.

المرحلة الأولى : إعداد خطة الطيران :

يبدأ مشروع المسح الجوي بدراسة الخرائط التي تظهر فيها المنطقة المطلوب تصويرها جويًا ويتم توقيع حدود المشروع عليها ودراسة مناسيب سطح الأرض في المنطقة وتحديد الظواهر الرئيسية فيها سواء كانت طبيعية مثل قمم الجبال أو التلال أو الأودية أو الروافد النهرية وغيرها والظواهر البشرية مثل القرى والمدن والطرق والكبارى والمنشآت وغيرها.

وبالإضافة إلى ذلك يتم حساب إرتفاع الطيران والمسافة بين كل صورة والتي تليها وعرض شرائح الطيران، تبعاً لمقياس الرسم المطلوب ونوع آلة التصوير المستخدمة ومقدار التداخل الطولي والجانبى المطلوب^(١).

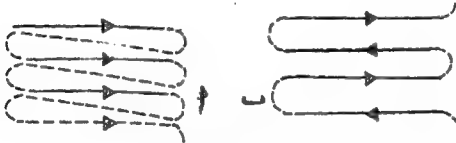
ومن هذه الدراسات يتم تعيين خطوط الطيران على الخريطة على شكل محاور لشرائح متوازية. ويتم اتخاذ إحدى طريقتين للطيران على هذه المحاور يوضحها الشكل رقم (٢١٠).

أ - الطيران في اتجاه واحد : وتفضل هذه الطريقة - بالرغم من أنها تستغرق وقتاً أطول - وذلك للحصول على تصابع ثابت للصورة. حيث

(١) سيتم دراسة هذه الحسابات بالتفصيل في الموضوع التالي.

تكون الطائرة فى إتجاه واحد أثناء الطيران على هذه المحاور، وبالتالى فإنها تخضع لظروف واحدة من ناحية حركة التيارات الهوائية التى تؤثر عليها وخصوصاً فى حالة ما إذا كانت الطائرة على إرتفاع أقل من عشرة آلاف قدم، وكذلك زاوية ميل الشمس وانعكاس أشعتها . . إلخ (شكل رقم ٢١٠ - أ)

ب - الطيران ذهاباً وإياباً : وهذه الطريقة أقل تكلفة وأقصر وقتاً من الطريقة السابقة ويمكن اللجوء إليها فى حالة إستقرار الظروف الجوية ولباتها خصوصاً إذا كانت الطائرة على إرتفاع يزيد عن عشرة آلاف قدم. شكل رقم (٢١٠ - ب)



شكل رقم (٢١٠) خطوط الطيران

ويجب على قائد الطائرة أن يحتفظ بالطائرة أفقية فى إتجاه الطيران وفى الإتجاه الجانبى مع ثبات سرعتها وإرتفاعها أثناء الطيران والتصوير وجدير بالذكر أن آلات التصوير الحديثة مزودة بأجهزة للتحكم والتوجيه وبوصلة جيروسكوبية وهذه الأجهزة تعمل أوتوماتيكياً وضع آلة التصوير وتتحكم فى سرعة فتح العدسة والضوء للحصول على أفضل الصور.

المرحلة الثانية : إعداد الصور الجوية :

وتبدأ هذه المرحلة بعد الإنتهاء من عمليات التصوير الجوى. وتبدأ أولاً بتحميض وتثبيت الأفلام المصورة واختبار جودتها، وما يكون فيها من عيوب مثل

وجود يقع على الفيلم الحساس أو نقطه تتسبب في عدم ظهور بعض المعالم الطوبوغرافية، وغيرها من الأمور الفنية. وجدير بالذكر أن هناك أنواع متعددة من أفلام التصوير لكل منها خصائصه ويميزاته نذكر منها ما يلي :

١- أفلام بانوكروم Panochromatic ، وهى رخيصة الثمن ويمكن تخزينها لمدة ٣ - ٤ سنوات في ظروف عادية. وتظهر فيها المجارى المائية بلون فاتح. ومن عيوبها أنه لا يصلح إستخدامها في تصوير المناطق الصحراوية أو المناطق الجبلية أو الملحية أو التي تظهر فيها بحيرات ومستنقعات وذلك لتأثرها بالإنتكاسات الضوئية، فتظهر هذه المناطق بيضاء على الصورة.

٢- أفلام انفرد Infrred ، وتستخدم في تصوير المناطق الصحراوية أو المناطق التي سبق ذكرها حيث لا تتأثر بالإنتكاسات الضوئية ولذا تظهر فيها المجارى المائية بلون داكن. ومن عيوبها أنها غالية في ثمنها وتكاليف تخزينها إذ لا بد من توافر غرف مكيفة الهواء ذات حرارة ورطوبة نسبية معينة.

٣- الأفلام الملونة Coloured ، وهى أفضل الأنواع جميعاً ولكنها لا تستخدم إلا نادراً لإرتفاع ثمنها وتكاليف تخميضها وطبعها الباهظة.

وبعد تخميض الصور السلبية والتأكد من خلوها من العيوب الفنية وتتابع أرقامها والتأكد من أن التداخل الأمامى والجانبى طبقاً للمواصفات المقررة، وعدم وجود ثغرات في المنطقة خالية من التصوير والتأكد من أن التفتير في مقياس الرسم في حدود المسموح به، وتحديد مقدار الميل في الصور مبدئياً وما إذا كان مسموحاً به... وتصبح السلبات صالحة لطبع الصور الإيجابية.

وتبدأ الخطوة الثانية وهى طبع الصور الإيجابية، ويراعى عند طبعها ما يلي :

* مراعاة مقياس الرسم الثابت المطلوب، حيث أن مقياس الرسم في السلبات قد يختلف من صورة لأخرى تبعاً لتغير إرتفاع الطائرة أثناء العمل.

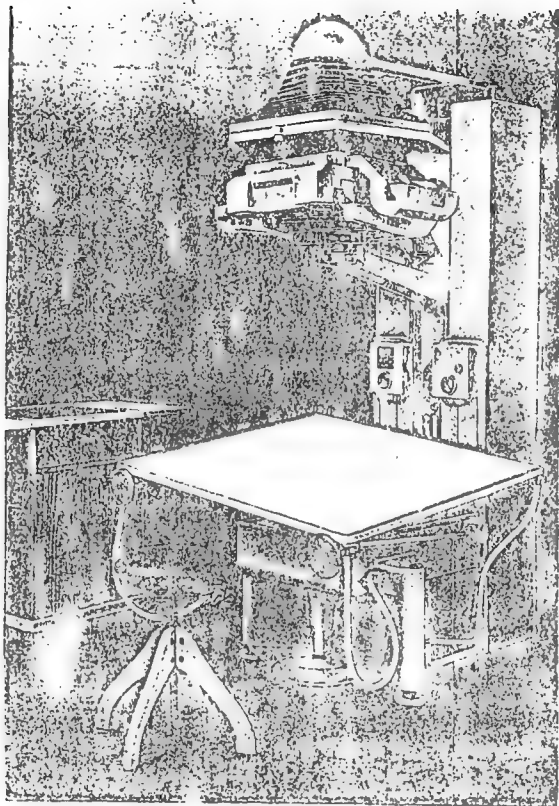
* مراعاة تعديل الصورة لتصبح رأسية تماماً، إذا كانت السلبات بها ميل

ناج عن ميل الطائرة أثناء العمل بسبب الظروف الجوية.

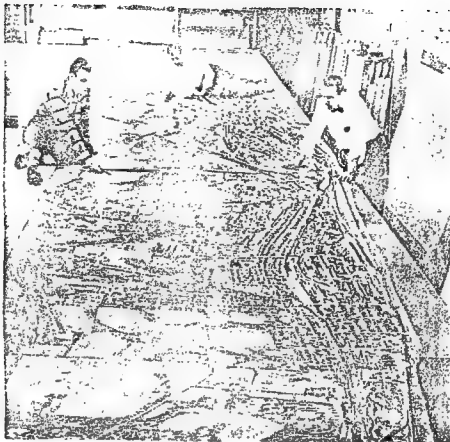
ويتم ذلك باستخدام أجهزة تعديل الصور. وتتلخص فكرتها العامة في وجود جهاز إسقاط (يمثل آلة التصوير) وأسفله طاولة (تمثل سطح الأرض). ويمكن التحكم في المسافة بينهما لضبط الرسم المطلوب، كما يمكن التحكم في إمالة الطاولة عن المستوى الأفقى وفي أى إتجاه بنفس درجة ميل الصورة وفي إتجاه الميل، دون تغيير لشروط الإسقاط المركزى Perspective الموجودة عند التقاط الصورة. والشكل رقم (٢١١) يبين أحد أجهزة تعديل الصور.

وتطبع الصور الإيجابية على ورق يراعى فيه أن يكون غير لامع «مطفى Matt» حتى يمكن إستخدام هذه الصور مع الأجهزة المختلفة الخاصة بالإبصار المجسم. وفي بعض الأحيان تطبع الإيجابيات على ألواح من الزجاج الرقيق تسمى Doipositive وهو زجاج سمكه حوالى مليمتر واحد شديد الشفافية والنقاء. وقد تكون هذه الإيجابيات الزجاجية بالحجم العادى، أى لأبعاد العادية للصور الجوية والأكثرها شيوعاً 18×18 سم وقد تكون مصفرة عن الحجم العادى لإستخدامها في بعض أجهزة تحويل الصور إلى خرائط.

وتصل إلى الخطوة الثالثة، وهى عمل فهرس للصور. ويتم ذلك بوضع الصور الإيجابية بعد تعديلها مرتبة في مواضعها الصحيحة، على شكل أشرطة متداخلة طولياً وجانبياً بحيث تظهر المظاهر الطبوغرافية المختلفة وكأنها متصلة على كل الصور، كما يظهر على حافة كل صورة رقمها المسلسل في شرحة الطيران ورقم هذه الشرحة، ويتم تجميع الصور على لوحة كبيرة ويعاد تصوير المجموعة كلها لتكون بمثابة فهرس للصور Index. والشكل رقم (٢١٢) يوضح أحد قهارس الصور بعد تجميعه أما الشكل رقم (٢١٣) فيوضح خريطة لهذا الفهرس خاص بدولة الكويت.



شكل رقم (٢١١) جهاز تمثيل الصور طراز SEG إنتاج Zeiss



شكل رقم (٢١٢) فهرس الصور

مجموعة من الأشخاص يقومون بتجميع الصور الجيدة على لوحة كبيرة



التصوير الجوي نموذج انكوبت

خبر من بعد التفتيش

1. *Environ. Biol. Fish.* 1994, 35: 1-10.

REF ID: A67980

۴۹۶

تحقيق الربط الأرضى :

يجرى تحقيق بعض النقاط الثابتة على سطح الأرض والتي سبق تحديد إحداثياتها ومناسبتها على خرائط قبل عملية التصوير مثل نقط المثلثات والروبيرات وبعض المنشآت الهامة، كما يتم تمييزها حتى تظهر الصور الجوية بوضوح. والفرص من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة منسوب الصورة بالنسبة لمناسيب الأرض. وفي الواقع يختلف عدد النقاط الثابتة على سطح الأرض باختلاف الفرص الذى تم من أجله التصوير. ففى حالة الموزيك (الخرائط المصورة) ؛ ينبغي أن يكون هناك - على الأقل ثلاثة نقط معلومة - تسمى نقط الربط الأرضى Ground Control Points - فى كل صورة. أما فى حالة استخدام الصورة فى أجهزة الإصدار المجسم لإنشاء الخرائط الكتيرية فيجب على الأقل، وجود نقطتين معلوم موقعهما ومتسبهما.

إنشاء الموزيك (الخرائط المصورة) : Mosaic

الموزيك، هو مجموعة من الصور الجوية الفوتوغرافية المتتابة المأخوذة فى شريط واحد أو عدة أشرطة متتابة، وتلصق ببعضها بحيث تبدو المعالم الطبوغرافية فى صور متكاملة وطبيعية، حتى تمثل مع بعضها صورة واحدة لمساحة واسعة من الأرض. ويستعمل الموزيك لأعمال الاستكشاف العامة والدراسات العامة للمعالم المختلفة للمنطقة، كما يستعمل فى أغراض تخطيط المدن وتحديد مواضع المشروعات الكبرى. وغيرها من الدراسات التى لا تحتاج إلى عمليات الإصدار المجسم.

ويتمتاز الموزيك عن الصورة الواحدة فى أنه يظهر مساحة كبيرة من الأرض، فهو نتاج تجميع عديد من الصور. كما أنه يمتاز عن الخرائط المرسومة بطرق المساحة الأرضية العادية بكثرة التفاصيل والسرعة وقلة التكاليف. ولكن من عيوبه أنه لا يمكن استخدامه كخريطة يمكن لإنجاد فروق المناسيب منها.

وتتوقف دقة الموزيك على دقة الربط الأرضى للصور. وبعبء ذلك ينقسم الموزيك إلى قسمين رئيسين:

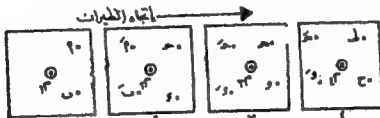
١ - الموزيك غير المربوط Uncontrolled Mosaic

وهو عبارة عن تجميع الصور بعد ترتيبها بجوار بعضها البعض بعد قص أجزاء منها (فى الأطراف) بعد مقارنة الأجزاء المتشابهة فى كل صورة مع الصور التى تجاورها بحيث تنطبق المعالم الطبوغرافية على بعضها، وتبدو كأنها متصلة. وهذا النوع من الموزيك يكون مقياسه غير مضبوط، خاصة إذا كان هناك اختلاف كبير فى مناسيب سطح الأرض.

ولعمل هذا الموزيك يجرى الآتى :

١ - تحدد مراكز الصور الجوية، وذلك برسم قطرى الصورة ويتخذ من تقاطعها مركزاً للصورة.

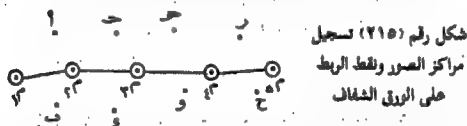
٢ - تختار نقطتان لظاهرتين فى الجزء المشترك لكل صورتين متتاليتين على يمين ويسار المركز (بالنسبة لإتجاه الطيران). أى أن كل صورة يظهر عليها أربعة نقط، ويتم تثقيب هذا النقط الأربعة والمركز بدبوس (بدلاً من الرسم على الصورة مما يتلفها). كما فى الشكل رقم (٢١٤) وهكذا يستمر العمل فى باقى الصور. فنلاحظ أنه قد تعينت على كل صورة (٥) عدا الصورتين الأولى والأخيرة فى شريحة الطيران) مركزها وأربع نقط إئتتان على الجانب الأيسر وإئتتان على الجانب الأيمن. ويفضل أن تكون هذه النقط متساوية البعد عن المركز بقدر الإمكان كما يفضل أن تكون فى مواضع تتساوى فى منسوبها مع المنسوب العام للمنطقة تقريباً. أى لا تكون على قمم جبلية أو فى قيعان منخفضة حتى تتجنب الزحزحة بسبب اختلاف المنسوب.



شكل رقم (٢١٤) تعيين مراكز الصور ونقط الربط الأرضى

٣ - تؤخذ ورقة شفاف مناسبة لشغطية المنطقة كلها، وتوضع الصورة الأولى تحت الطرف الأسفل العلوى لها^(١)، ويقع على الشفاف مركز الصورة والنقطتان السابق تثقيبهما على الصور. ثم تسحب هذه الصورة وتوضع الصورة الثانية تحت الشفاف، بحيث تنطبق النقطتان المثقبتان فيها على النقطتين السابق توقيعهما من الصورة السابقة. ثم يعين مركز الصورة الجديدة والنقطتان الجديدتان. ثم تسحب الصورة الثانية وتوضع الثالثة، وهكذا يستمر العمل حتى تنتهى من شريحة الطيران، فنبدأ فى الشريحة الترتيبها وهكذا.

٤ - يمد خط يصل بين مراكز الصور على ورقة الشفاف (وهو خط الطيران الفعلى) كما فى الشكل رقم (٢١٥). ونبدأ فى رسم هذا الخط على الصور، وذلك بوضع كل صورة تحت ورقة الشفاف بحيث ينطبق مركزها والنقط الجانبية على نظائرها فى ورقة الشفاف ثم ترسم خطاً من مركز الصورة بإتجاه مركز الصورة السابق لها ومركز الصورة التالية وهكذا.



٥ - تلتصق الورقة الشفاف على لوح من الورق السميك (الكرتون). ثم نبدأ فى وضع الصورة الأولى، وذلك بفرد دهرس فى مركزها ودهوسان فى النقط السابق تحديدهما عليها، بحيث تنفرد هذه الدبابيس الثلاثة على مواقعها المحددة على ورقة الشفاف. ثم نلتصق الصورة بشرط لاصق وترفع الدبابيس. ويكرر العمل بنفس الطريقة فى كل الصور التى تليها بالترتيب. بحيث ينطبق مركز كل منها والنقط الجانبية على نظائرها الموقعة على ورقة الشفاف، مستعينين فى ذلك بالخط الواصل بين مركز الصورة ومركزى

(١) باعتبار أن إتجاه الطيران من الغرب نحو الشرق وأن شرائح الطيران مرتبة من الشمال نحو الجنوب.

الصورتين السابقة واللاحقة لها.

٦ - نقص الأجزاء الزائدة عن الحاجة في كل صورة، وهي إما النصف الأيمن من الصورة اليسرى أو النصف الأيسر من الصورة اليمنى بشرط أن يتم القص عمودياً على الظاهرات الخطية الموجودة على الصور مثل الطرق والسكك الحديدية والمجارى المائية وحدود المباني وغيرها. لذلك نلاحظ أن قص الصورة يكون متراجفاً في غالب الأحيان.

٧ - يتم لصق الصور المقصوفة مع بعضها على لوح الكرتون فيتكون لدينا الموزيك، ويكتب عليها أسماء الظاهرات والمعالج. فتصبح في النهاية خريطة مصورة كاملة للمنطقة.

٢ - الموزيك المربوط Controlled Mosaic

عبارة عن تجميع للصور الجوية بعد تصحيحها. والمقصود بالتصحيح هنا، تكبير أو تصغير السليمات - قبل طبع الصور - حتى تصبح نقاط التحكم الأرضي التي جرى تعيينها من قبل بالمساحة الأرضية والموقعة على لوحة بطريقة الإحداثيات، تنطبق على نظيراتها الظاهرة في الصورة.

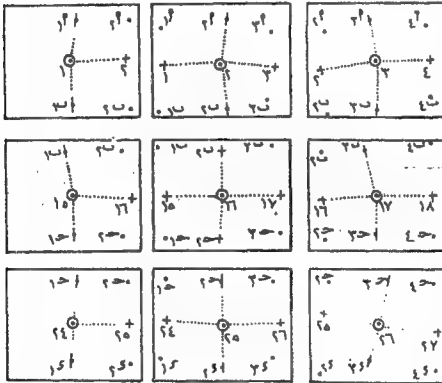
والموزيك المربوط أدق من النوع السابق، ويمكن إستخدامه بمثابة خرائط مصورة دقيقة المقياس. وقد يفضل إستخدامه في بعض الدراسات على إستخدام الخرائط العادية. ولكن لا يمكن إستخدامه في إنشاء الخرائط أو في تعيين المناسب.

وللحصول على هذا الموزيك تتبع الخطوات التالية :

- ١ - يحدد على كل صورة مركزها ومركز الصورة السابقة لها وكذلك مركز الصورة اللاحقة - أي يحدد ثلاث نقاط رئيسية عليها. وبطبيعة الحال ما عدا الصورة الأولى والأخيرة من كل شريحة طيران.
- ٢ - يختار ست نقط في كل صورة (غير النقط الرئيسية الثلاث السابق توقيدها)

بحيث توضح هذه النقاط معالم واضحة في الصورة والصورتين المجاورتين لها. ففي الشكل رقم (٢١٦) نلاحظ أن الصورة الوسطى في الشريحة رقم (١) تظهر فيها النقط أ، أ، ب، ب، مشتركة مع الصورة اليسرى. كما تظهر فيها أيضاً النقط أ، أ، ب، ب، مشتركة مع الصورة اليمنى. وفي نفس الوقت نلاحظ أن النقط ب، ب، في الصورة اليسرى، ب، ب، في الصورة الوسطى، ب، ب، في الصورة اليمنى مشتركة مع نظيراتها في الشريط رقم (٢).... ويتم العمل بهذه الطريقة في جميع الصور التي تغطي المنطقة.

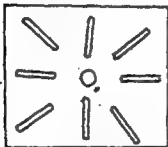
وتلزم لدقة العمل، وجود نقطتي مثلثات على الأقل في كل صورة كضوابط



شكل رقم (٢١٦) قواعد التوجيه في الموزيك المربوط

أولية أو بعض المعالم الطبوغرافية الدقيقة الوضوح والتحديد، مثل نقاطات الطرق وربما كانت شجرة كضوابط ثانوية.

٣ - نوضع قطعة من الورق المقوى (وفي بعض الأحيان تكون من السليوليد) فوق كل صورة، ونفس أبعادها، ونقل إليها النقط التسعة الخاصة بكل



صورة. ويثقب مركز الصورة بثقب واضح (قطره ما بين ٣ - ٥ ملميمترات) ثم يحفر شقاً طويلاً بعرض مناسب (٣ - ٥ ملم) من مركز الصورة في اتجاه النقط الشمالية الأخرى (شكل رقم ٢٦١٧). يستخدم لذلك آلة خاصة لعمل الثقوب اليدوية والطولية تسمى

شكل رقم (٢٩٧)

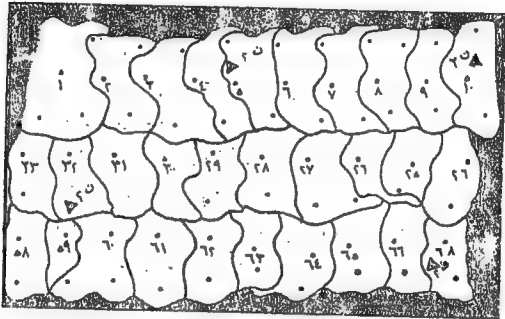
Slotted Template

٤ - تجمع لوحات الكربون بجوار بعضها تبعا لمواضعها في شرائط الطيران بحيث تتداخل (تغطي) الأجزاء المشتركة مع بعضها البعض تماما. ويستخدم في تثبيت هذه اللوحات مع بعضها مسامير خاصة Studes^(١) ، تدخل في الشقوق الطولية المتداخلة فمثلا النقطة ب-ب، ج-ج، د-د، تظهر كل منها في ست صور أنظر شكل رقم (٢٦٦) يجمع كل نقطة منها مسمار واحد.

٥ - يرسم على لوحة كبيرة شبكة الإحداثيات بمقياس ورسم الصور الجوية، ويضع عليها أربع نقط على الأقل عند الأركان من نقط الضوابط أو الربط الأولية - أي نقط المثلثات الأرضية المعروفة الإحداثيات.

٦- توضع مجموعة لوحات الكرتون المتناسكة مع بعضها البعض بواسطة المسامير الخاصة على لوحة شبكة الإحداثيات، بحيث تنطبق النقط الأولية على نظيراتها. عندئذ تكون جميع مراكز الصور في موقعها من حيث الإحداثيات. توضع أيضاً نقط الربط عن طريق مرور دبوس في داخل محور الصور على لوحة الإحداثيات ويكتب بجوار كل منها رقم الصورة الخاصة بها شكل رقم (٢١٨).

٧ - ترفع مجموعة ورق الكرتون المتحásكة ونألى بالصور الجوية ويقطع منها الأجزاء اللازمة لتغطية اللوحة مع الإستثناء عن الأجزاء المكررة (المتداخلة) وذلك بعد توجيهها التوجيه الصحيح بالنسبة لمركز الصورة ومركزى الصورتين المتجاورتين السابقة واللاحقة ومواقع نقط الربط الأخرى. ويجرى لصق هذه الصور فوق اللوحة الكرتون وبذلك نحصل على الموزيك المربوط.



شكل رقم (٢١٨) خريطة لأاعدة مجمعة بواسطة ألواح الكرتون المقوية

(ن.م. = لقالة مطاطات) عن ديفز ١٩٥٣

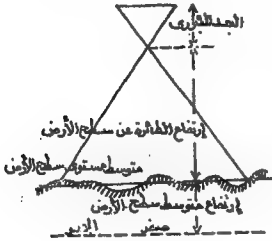
بعض العلاقات الأساسية

تعريفات :

- م : مقام مقيا من الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر للمقياس النسبى
- ع : إرتفاع الطائرة.
- هـ : متوسط منسوب سطح الأرض
- ف : البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير
- في : طول خط القاعدة = طول المسافة الصافية من الصورة فى إتجاه الطيران
- ط : المسافة بين كل خط طيران وآخر = طول المسافة الصافية من الصورة فى إتجاه الطيران
- و : عرض اللوح السالب فى إتجاه الطيران
- ز : طول اللوح السالب عمودى على إتجاه خط الطيران.
- ت : نسبة التداخل الطولى من الواحد الصحيح (أى ٦٠ ٪ = ٠.٦)
- ث : نسبة التداخل الجانبى من الواحد الصحيح
- ن : الزمن
- ن : مدة فتح العدسة بالثانية
- س : سرعة الطائرة بالكيلومتر (أو الميل) فى الساعة
- س : سرعة الطائرة بالتر (أو القدم) فى الثانية
- زح : الإزاحة بسبب اختلاف المناسيب
- د : المسافة المقاسة من الهدف إلى مركز الصورة (النقطة الأساسية)
- ل : إرتفاع أو إنخفاض الهدف عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة

١ - إرتفاع الطيران :

ما من شك أنه كلما إرتفعت الطائرة، كلما كانت مساحة المنطقة التي تظهر فى الصورة أكبر، وبالتالى فإن مقياس رسم هذه الصورة يكون أصغر ومن ناحية أخرى، فهناك علاقة طردية بين مقياس الرسم والبعد البؤرى لعدسة آلة



شكل رقم (٢١٩)

التصوير. إذ أن مقياس رسم الصور الجوية عبارة عن النسبة بين البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير وإرتفاع الطائرة عن سطح الأرض. لذلك يتم تحديد الإرتفاع الذى ينبغى أن تكون عليه الطائرة أثناء التصوير تبعاً لمقياس الرسم المطلوب للمصور الجوية، والأخذ فى الاعتبار البعد البؤرى لعدسة التصوير المستخدم، فضلاً عن معرفة

متوسط منسوب سطح الأرض حيث أنه عادة ما ينسب إرتفاع الطيران إلى مستوى سطح البحر وهو ما يحدده جهاز الأنتيمتر المثبت فى الطائرة. ويحدد المعادلة الآتية هذه العلاقة أنظر شكل رقم (٢١٩).

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{إرتفاع الطائرة}}{\text{البعد البؤرى}} = \frac{ع}{ف}$$

وكون إرتفاع الطائرة عن سطح البحر : $ع = (م \times ف) + هـ$

فإذا كان مقياس الرسم المطلوب للمصور هو ١ : ٢٠٠٠٠ وكانت مناسيب سطح الأرض تتراوح بين ٢٠٠، ٨٠٠ متر. والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة ٢٠ سم.

$$\frac{200 - 800}{2} - (0.2 \times 20000) = \text{فإن الارتفاع الصاعدة}$$

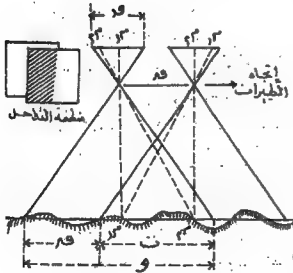
$$= 4000 + 500 = 4500 \text{ متر فوق سطح البحر}$$

٢ - طول خط القاعدة

وهو المسافة التي تقطعها الطائرة بين موقعي نقطتي التقاط صورتين متتاليتين ويعتمد في حسابه على نسبة التداخل Overlap الطولي (ويسمى أحياناً أمامي) في اتجاه الطيران وعرض اللوح السالب

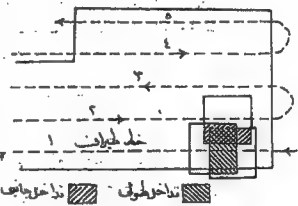
ويتحدد مقدار هذا التداخل حسب الفرض الذي ستستعمل فيه الصور الجوية. ففي حالة إنشاء الخرائط المصورة (الموزيك) يكفي أن يكون التداخل بين ٢٠، ٢٣٠٪. أما في حالة إنشاء خرائط كنتورية أو طبوغرافية أو لفرض الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية. فيجب ألا يقل هذا التداخل الأمامي عن ٥٠٪ وعادة ما يكون ٦٠٪. وذلك للتخلص من أطراف الصور التي قد يصيبها التشويه من ناحية ولأن هذا التداخل يعتبر من العناصر الرئيسية لرؤية الإبصار الجسم من ناحية أخرى. فضلاً عن تلافي الميل Tilt والإزاحة بسبب اختلاف مناسيب سطح المنطقة في الأجزاء الهامشية من الصور.

والشكل رقم (٢٢٠) يوضح لنا التداخل الطولي والجانبى.



شكل رقم (٢٢١)

قياس طول القاعدة الهوائية



شكل رقم (٢٢٠)

التداخل الطولي والجانبى

أما التداخل الجانبي Sidelap (أو العرضي) فيقصد به التداخل بين شرائح الطيران، وهو عادة يتراوح بين ٢٥، ٢٣٠ من عرض الصورة الذي يكون عمودياً على اتجاه الطيران.

ومن الشكل رقم (٢٢١) يمكن إستنتاج المعادلة الآتية :

$$ق = م \times و (١ - ت)$$

وتؤخذ الصور من الطائرة تبعاً لنظام معين يجب فيه حساب الفترة الزمنية التي تمضى بين إلتقاط كل صورة والصورة التالية لها. بحيث تحقق هذه الفترة الزمنية نسبة التداخل الأمامي المطلوب. وترتبط الفترات الزمنية بين إلتقاط الصور بسرعة الطائرة وطول خط القاعدة الهوائية والذي يساوى المسافة الصانعة المنطاة من سطح الأرض فى الصورة ويُعتبر أن سرعة الطائرة س. ك. م. / ساعة،

$$\text{يكون الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى} = \frac{\text{طول خط القاعدة}}{\text{سرعة الطائرة}}$$

$$ن = \frac{ق}{و}$$

فإذا كان مقياس رسم الصور ١ : ٢٠٠٠٠ وأبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ سم والتداخل الطولى ٢٦٠ وسرعة الطائرة ١٨٠ ك. م. / ساعة.

$$ق = م \times و \times (١ - ت) = ٢٥ \times ٢٠٠٠ \times (١ - ٠,٦) = ٢٠٠٠ \text{ متر} = ٢ \text{ ك. م.}$$

$$ن = \frac{ق}{و} = \frac{٢}{٠,٦} \times ٦٠ = ٢٠٠ \text{ ثانية}$$

٣ - عدد خطوط الطيران (الشرائح) :

لتحديد عدد خطوط الطيران، يتم ذلك عن طريق معرفة أبعاد المنطقة المطلوب تغطيتها بالصورة الجوية ونسبة التداخل الجانبي بين كل شريحة وأخرى فضلاً عن مقياس الرسم المقرر للصورة الجوية.

والمعادلة التالية توضح المسافة بين كل خط طيران وأخرى، ومنها يمكن حساب عدد خطوط الطيران أو عدد الشرائح.

$$و = م \times و (١ - ت)$$

وبالتالى يكون عدد خطوط الطيران = عرض المنطقة المراد تغطيتها بالصورة الجوية مقسوماً على المسافة بين كل خط طيران وآخر + ١ .

إذا أنه من المعتاد إضافة خط طيران على الناتج المحسوب طبقاً للمعادلة السابقة وذلك حتى تظهر المنطقة والجوانب المحيطة بها، كما يفضل دائماً أن يكون اتجاه الطيران فى الاتجاه الطولى للمنطقة حتى نحصل على أقل عدد من خطوط الطيران.

فمثلاً إذا كان المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٣٠ × ٢٠ ك.م. بالصورة الجوية، بمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠٠ وكانت أبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ سم ونسبة التداخل الجائى ٢٣٠٪.

فإن ط = ٢٠٠٠ × ٠,٢٥ × (١ - ٠,٣٠) = ٣٥٠٠ متر = ٣,٥ ك.م.

ويكون عدد خطوط الطيران = $1 + \frac{٣,٥}{٢,٥} = ٦,٧$ تقريباً = ٧ شرائح

٤ - حساب عدد الصور اللازمة لمنطقة :

عند وضع خطة للتصوير الجوى، يجب التأكد من أن الصور سوف تغطى المنطقة المطلوب تصويرها كلها. مع الأخذ فى الاعتبار التداخلات الطولية والجانبية. وذلك حتى تقلع الطائرة ومعها كمية من الأفلام تكفى لتغطية المنطقة بالإضافة إلى إحاطة منها بقدر دائماً بـ ٢١٠٪ من عدد الصور الكلى. وفى العادة يعمل تقدير مبدئى لعدد الصور وذلك بقسمة المساحة الكلية للمنطقة على المساحة الصافية التى تغطيها صورة واحدة .

المساحة الصافية للصورة = ق × ط

مساحة المنطقة

وتكون عدد الصور اللازمة للمنطقة = $\frac{\text{مساحة المنطقة}}{\text{ق} \times \text{ط}}$

ولتحديد عدد الصور فى كل شريحة طيران، نجد أن عدد الصور أصلاً هو عبارة عن عدد المسافات بين كل صورتين متتاليتين أو خط القاعدة (ق).

فيكون عدد الصور فى كل شريحة = $\frac{\text{طول المنطقة}}{\text{ق}} + ٤$

ونلاحظ إضافة أربعة صور فى كل شريحة، صورتان منهما فى بداية خط

الطيران وصورتان في نهاية خط الطيران. وذلك كعامل أمان لكى يمكن إجراء الإبطار المحسم للمنطقة الموجودة عند بداية ونهاية كل شريحة.

وفى بعض الحالات - مثل الموزيك - يكتفى بإضافة صورة واحدة فى بداية خط الطيران وصورة فى نهايته، أى يضاف صورتين فقط فى كل شريحة طيران.

ويكون عدد الصور الكلى للمنطقة عبارة عن عدد الصور فى كل شريحة طيران مضروباً فى عدد شرائح الطيران أو خطوط الطيران.

مسألة (١) :

المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٥٠×٣٠ كيلو متر بالصورة الجوية بقياس ١ : ١٥٠٠٠ علماً بأن أبعاد اللوح السالب ٢٥×٢٥ سم والتداخل الأمامى ٢٥٪ والجانبى ٢٠٪ - فما هى عدد الصور المطلوبة بالتقريب وعدد الصور بالتفصيل.

الإجابة :

$$١ - \text{طول خط القاعدة وقى} = م \times و (١ - ت١) \\ ١٥٠٠٠ \times ٠,٢٥ (١ - ٠,٥٠) =$$

$$= ١٥٠٠ \text{ متر} = ١,٥ \text{ ك.م.}$$

$$٢ - \text{عدد الصور فى كل خط طيران} = ٤ + \frac{٥٠}{١,٥} \\ = ٣٧,٣٣ \text{ صورة} = ٣٨ \text{ صورة}$$

$$٣ - \text{عرض شريحة الطيران وطى} = م \times و (١ - ت٢) \\ = ١٥٠٠٠ \times ٠,٢٥ (١ - ٠,٢٠) =$$

$$= ٣٠٠٠ \text{ متر} = ٣ \text{ ك.م.}$$

$$٤ - \text{عدد خطوط الطيران} = ١ + \frac{٣٠}{٣} = ١١ \text{ خط طيران}$$

$$٥ - \text{عدد الصور الكلى} = ١١ \times ٣٨ = ٤١٨ \text{ صورة}$$

$$\frac{50 \times 30}{1,5 \times 3} = \text{عدد الصور بالتقريب (المبدئي)}$$

$$= 233,3 \text{ صورة} = 234 \text{ صورة}$$

مسألة (٢) :

المطلوب حساب عدد الصور الجوية اللازمة لتغطية منطقة مستطيلة الشكل عرضها ٢٢ ميلاً وطولها ٢٧ ميلاً، يراد تصويرها جواً بفرض إنشاء خرائط كنتورية وكانت آلة التصوير المستخدمة ذات بعد بؤري قدره ٧ بوصات وأبعاد اللوح السالب ٨ × ٧ بوصات. ومتناس الرسم المطلوب ١ : ١٨٠٠٠ والتداخل الطولي ٢٧٠ والجانبى ٢٣٠.

الإجابة :

$$\text{طول خط القاعدة (دق)} = م \times و (١ - ت) = ٣ \times ١٨٠٠ \times \frac{١}{١٢} = ٣١٥٠ \text{ قدم}$$

$$\therefore \text{طول المنطقة بالأقدام} = ٣ \times ١٧٦٠ \times ٢٧ = ١٤٢٥٦٠ \text{ قدم}$$

$$\text{عدد الصور فى كل خط طيران} = (٣١٥٠ + ١٤٢٥٦٠) \div ٤ = ٤٩,٢٦ = \text{والتقريب} = ٥٠ \text{ صورة}$$

$$\text{المسافة بين كل خطى طيران (دق)} = م \times و (١ - ت) = ٣ \times ٨٠٠٠ \times \frac{١}{١٢} = ٢٠٠٠ \text{ قدم}$$

$$\text{عرض المنطقة بالأقدام} = ٣ \times ١٧٦٠ \times ٢٢ = ١١٦١٦٠ \text{ قدم}$$

$$\text{عدد الشرائح «خطوط الطيران»} = (١١٦١٦٠ + ٧٢٠٠) \div ١ = ١١٦,١٦ = \text{والتقريب} = ١٨ \text{ شريحة}$$

$$\text{عدد الصور اللازم لتغطية المنطقة} = ١٨ \times ٥٠ = ٩٠٠ \text{ صورة}$$

٥ - تحديد مقياس رسم الصور الجوية :

أشرنا من قبل، أنه يمكن تعيين مقياس رسم الصورة الجوية عن طريق معرفة

العلاقة بين البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة وإرتفاع الطائرة عن متوسط منسوب سطح المنطقة. ولكن هناك عوامل غير ثابتة تؤثر على مقياس الرسم، أهمها تغير مناسيب سطح الأرض وميل الطائرة. ولهذا فإن مقياس رسم الصورة المدون عليها يكون مقياساً تقريبياً وليس دقيقاً.

ويمكن تحديد مقياس رسم الصورة بطريقة أدق، بقياس أبعاد بين أهداف على الصورة ومقارنتها بنظيراتها المقاسة في الطبيعة أو على خريطة دقيقة للمنطقة المصورة. ومثل هذه المسافات يجب أن تكون بين نقط محددة تحديداً جيداً على كل من الصورة والخريطة أو الطبيعة. ويراعى في إختيار هذه النقط ما يلي :

* أن تكون المسافات بينها بطول كاف على الصورة ويكون موقعها بحيث تمثل المقياس المتوسط للصورة.

* بما أن تأثير الميل - في الصورة المائلة - يكون على إمتداد شعاع من مركز الصورة ^(١) ومتكافئاً على الجانبين المتقابلين في الصورة فإن البعد المقاس يجب أن يمر بهذا المركز أو قريباً منه على الأقل.

* ينبغي أن تكون النقطتان المحددتان لطرفي البعد المقاس، ذات منسوب واحد حتى تتلافى تأثير إختلاف المنسوب.

وفي هذه الحالة يكون مقياس الرسم الدقيق للصورة عبارة عن النسبة بين طولى المسافة المقاسة على الطبيعة بين النقطتين أ ، ب مثلاً والمسافة المناظرة لها على الصورة بين صورتى هاتين النقطتين ولكن أ ، ب ، ١.

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{طول المسافة أ ب}}{\text{طول المسافة أ ب}}$$

فإذا فرضنا أن المسافة بين نقطتي ترافيرس على خريطة ما بمقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ كانت ١٢ ستمتراً. وكانت المسافة بين صورتى هاتين النقطتين على صورة جوية ١٢,٢٤ سم.

(١) يقصد بمركز الصورة هنا المسقط الرأسى لموقع آلة التصوير والذي يظهر في الصورة المائلة منحرفاً عن مركزها القطرى.

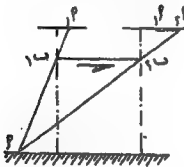
$$\frac{12,24}{20000 \times 12} = \text{فيكون مقياس رسم الصورة الدقيق}$$

$$19600 : 1 = \frac{1}{19607,8} =$$

٦ - تحديد أقصى مدة ل سرعة فتح عدسة آلة التصوير :

للحصول على صور واضحة Sharp Photos للأهداف يجب تحديد مدة فتح عدسة آلة التصوير، أى مدة تعرض الفيلم (أو اللوح السالب) للضوء تبعاً لحالة الرؤية أثناء التصوير. فعندما تكون الشمس ساطعة وحالة الرؤية جيدة تزداد سرعة فتح العدسة لتصل إلى $\frac{1}{500}$ من الثانية فى بعض الأحيان. وتزداد مدة فتح العدسة كلما كانت حالة الرؤية أقل، مثل وجود الغيوم التى تظلل المنطقة وتحجب عنها ضوء الشمس. ولكن لا بد من حد معين لا تتجاوزه مدة فتح العدسة حتى لا يزيد قطر دائرة التشويه. Circle of Confusion عن ٠,٠٥ ململيمتر. إذ أنه عند فتح العدسة لإلتقاط الصورة فإن الهدف أظهر على

اللوحة السالب عند أ. فإذا كانت مدة فتح العدسة د، من الثانية، فإن الطائفة تنتقل خلال هذه المدة من الوضع ب، إلى الوضع ج. وتصبح صورة الهدف أ عبارة عن الخط أ، أ، والذي يسمى بدائرة التشويه ويجب ألا يزيد طوله عن ٠,٠٥ ململيمتر كما سبق الذكر. والشكل رقم (٢٢٢) يوضح ذلك.



شكل رقم (٢٢٢)

ولتحديد أقصى فترة لفتح عدسة آلة التصوير (ن) تستخدم المعادلة التالية بعد أن نأى أولاً بسرعة الطائفة بالمتر / ثانية (س)

$$س = \frac{\text{سرعة الطائفة ل.م. ساعة} \times 1000}{60 \times 60} = \frac{ع \times 0,00005}{ن \times 1} = 1$$

فمثلاً إذا كان لإرتفاع الطائرة ٢٥٠٠ متر وسرعتها ١٨٠ كيلو متراً في الساعة والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم.

$$\text{فإن سرعة الطائرة بالمتر في الثانية} = \frac{1000 \times 180}{60 \times 60} = 50 \text{ متر/ثانية}$$

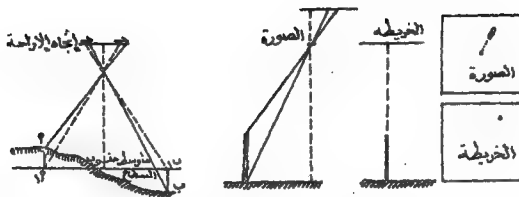
$$\text{ومدة فتح العدسة يجب ألا تزيد عن} = \frac{1}{0.0005 \times 2500} = 80 \text{ ثانية}$$

أى أن أقصى مدة لفتح العدسة يجب ألا تزيد عن $\frac{1}{80}$ من الثانية.

٧ - قياس الإزاحة الناتجة بسبب إختلاف المناسيب :

إن الصور الجوية للمأخوذة لأرض أفقية تماماً وبواسطة آلة تصوير محورها رأسى تماماً تبين مواقع الأهداف بالضبط كما يجب أن تكون على الخريطة. ولكن نظراً لأنه من النادر أن تكون الأرض أفقية تماماً، فإنه يحدث بعض الإزاحة القطرية Radial Displacement للأهداف المرتفعة أو المنخفضة نتيجة لإختلاف مناسيبها عن المتوسط العام لمنسوب المنطقة.

ويمكن أن نأخذ مثلاً بسيطاً لتوضيح هذه الظاهرة، ولتكن معلنة. فمن البديهي أن تظهر على الخريطة على شكل نقطة، لأن موقع أعلى نقطة فيها ينطبق على محورها. ذلك لأن مسقط الخريطة عمودياً Orthogonal أما على الصورة الجوية، فإن المعلقة تظهر على شكل خط محوره شعاع يبدأ من مركز الصورة، أى أن قمة المعلقة تظهر مزاحة عن قاعدتها بمقدار طول هذا الخط وذلك لأن الصورة الجوية عبارة عن مسقط مركزى Perspective والشكل رقم (٢٢٣) يوضح لنا ذلك.



شكل رقم (٢٢٤) إضاءة النقطة
بسبب اختلاف المنسوب

شكل رقم (٢٢٣) مقارنة مسقط الصورة
بمسقط الخريطة

ومن الشكل رقم (٢٢٤)، نلاحظ أن النقطة المرتفعة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة، تظهر مزاحة قطعياً نحو أطراف الصورة. وبالتالي يجب أن يكون تصحيح موقعها في إتجاه مركز الصورة. بينما النقاط المنخفضة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة تظهر مزاحة قطعياً نحو مركز الصورة. وبالتالي يجب تصحيح موقعها إلى الخارج في إتجاه أطراف الصورة.

ولمعرفة مقدار الإضاءة الناتج بسبب إختلاف المناسيب (ز ع). تستخدم

$$\frac{\text{المعادلة الآتية:}}{\text{المسافة من مركز الصورة} \times \text{المنسوب}} = \frac{\text{ارتفاع الدائرة}}{\text{ز ع}} = \frac{\text{الارتفاع}}{\text{ع}}$$

فإذا كان لدينا صورة جوية رأسية أخذت من إرتفاع ٣٠٠ متر فوق متوسط سطح الأرض. يظهر فيها الهدف أ ومنسوبه يرتفع عن مستوى المقارنة بمقدار ٦٥ متراً على بعد ١٢,٩ سم من مركز الصورة. كما يظهر الهدف ب ومنسوبه ينخفض عن مستوى المقارنة بمقدار ٤٠ متراً على بعد ٦,٨ سم. فما مقدار وإتجاه الإضاءة لكل من الهدفين.

حالة النقطة أ : ز ع = $\frac{75 \times 12.9}{3000} = 0.28$ سم
 وحيث أنها ترتفع عن مستوى المقارنة، معنى ذلك أنها مزاحة نحو الخارج
 عن موقعها الحقيقي. ويكون تصحيح موقعها بإزاحتها نحو مركز الصورة بمقدار
 ٠,٢٨ سنتيمتر.

حالة النقطة ب = ز ع = $\frac{40 \times 6.8}{3000} = 0.09$ سم
 ولما كانت هذه النقطة تنخفض عن مستوى المقارنة، فذلك يعنى أنها
 مزاحة نحو الداخل. ويكون تصحيح موقعها بإزاحتها قطعياً نحو الخارج (إلى
 أطراف الصورة) بمقدار ٠,٠٩ سم.

تمارين

- ١ - صورة جوية أبعادها 24×24 سم. تمثل منطقة مساحتها ١٦ كيلو متراً
 مربعاً. صورت بآلة تصوير بعدها البؤرى ١٢ سم. فما هو ارتفاع الطائرة عن
 سطح الأرض؟
- ٢ - إذا كان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٥ سم وارتفاع الطائرة عن
 سطح الأرض ٦٤٥٠ متراً وكان متوسط منسوب سطح الأرض يتراوح بين
 ٣٥٠ و ٥٥٠ متراً، فما هو مقياس رسم الصور الجوية الناتجة؟
- ٣ - كم يكون ارتفاع الطائرة عن سطح الأرض إذا كان البعد البؤرى لعدسة
 آلة التصوير ١٥ سم ومقياس الرسم المطلوب للصورة ١ : ٣٠,٠٠٠؟
- ٤ - إذا كان البعد البؤرى لآلة التصوير ٢٠ سم ومقياس الرسم المطلوب للصورة
 ١ : ٢٠,٠٠٠ ومتوسط سطح الأرض ٣٥٠ متراً، كم يكون ارتفاع الطائرة
 عن سطح البحر؟
- ٥ - المسافة بين هذتين على صورة جوية ١٢ سم وفى الطبيعة ٣ ك. م. وكان
 البعد البؤرى ١٥ سم. ما هو ارتفاع الطائرة؟
- ٦ - ظهر وادى فى صورة جوية بطول ١٠,٥ سم فإذا كان طوله فى الطبيعة
 ٤٢٠٠ متراً ما مقياس رسم هذه الصورة؟

٧ - إذا كان مقياس رسم صورة جوية ١ : ٤٠,٠٠٠ ونسبة التداخل ٢٦٠ وأبعاد الصورة ٣٠ × ٣٠ سم. كم يبلغ طول خط القاعدة فى الطبيعة وعلى الصورة؟

٨ - إذا كانت سرعة الطائرة ٢٤٠ ك. م. / ساعة والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم وارتفاع الطائرة ٣٠٠٠ متر عن سطح الأرض. ما هى سرعة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر؟

٩ - المطلوب إنتاج صور جوية بمقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ لا يزيد فيها قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر. وكان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم ومتوسط سطح الأرض صفر وسرعة الطائرة ١٤٤ ك. م. / ساعة كم تكون مدة فتح العدسة؟

١٠ - فى صورة جوية أخذت من ارتفاع ٤٠٠٠ متر فوق متوسط سطح الأرض ظهر خزان مياه قهست للمسافة بين قاعدته ومركز الصورة فكانت ٢٥ سم والمسافة بين قمته ومركز الصورة ٢٥,٥ سم. كم يبلغ ارتفاع هذا الخزان؟

١١ - ظهر الهدف أ على بعد ١٥ سم من مركز الصورة ومنسوبة ٦٠ متر فوق مستوى سطح المقارنة كما ظهر الهدف ب على بعد ١٢,٤ سم ومنسوبة ٥٠ متراً تحت مستوى سطح المقارنة. فما مقدار الإزاحة لكل من الهدفين واتجاه التصحيح لكل منهما علماً بأن ارتفاع الطائرة ٤٠٠٠ متر عن سطح الأرض؟

١٢ - ظهر برج على صورة جوية للمسافة بين قمته وقاعدته ٠,٤ سم والمسافة بين مركز الصورة وقاعدته ١٥ سم. فما هو ارتفاعه إذا كان ارتفاع الطائرة عن سطح الأرض ٣٠٠٠ متر؟

١٣ - إذا كان ارتفاع الطائرة ٤٠٠٠ متر والهدف أ على بعد ٧,٥ سم من مركز الصورة ومنسوبة + ٨٠ متراً فوق متوسط سطح الأرض والهدف ب على بعد ٨ سم ومنسوبة - ٥٠ متراً. فما مقدار الإزاحة اللازمة لكل منهما واتجاه التصحيح.

١٤ - مطلوب وضع خطة لتصوير مدينة الإسكندرية ٦٥ × ٣٠ ك. م. ومتوسط منسوبها هو سطح البحر لإنتاج صور جوية بمقياس ١ :

٢٠,٠٠٠ وكان البعد البؤرى لآلة التصوير ١٦ سم وأبعاد اللوح السالب 24×24 سم والتداخل الطولى 260λ والجانبى 25λ وسرعة الطائرة 270 ك.م. / ساعة. المطلوب :

* معرفة لإرتفاع الطائرة عن سطح البحر.

* عدد شرائح الطيران وعدد الصور فى كل شريحة.

* سرعة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن 0.3 ملليمتر.

* الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى.

* ظهر برج تليفزيون بطول 0.2 ملليمتر وعلى بعد 10 سم من مركز الصورة فكم يبلغ إرتفاعه.

١٥ - منطقة أبعادها 100×60 ك.م. مطلوب تصويرها لإنتاج صور بمقياس $1:25000$. وكان البعد البؤرى لآلة التصوير 12 سم وأبعاد اللوح السالب 24×24 سم والتداخل الطولى 260λ والجانبى 25λ ومتوسط سطح الأرض بين 100 ، 500 متر وسرعة الطائرة 180 ك.م. / ساعة. المطلوب :

* لإرتفاع الطائرة عن سطح البحر.

* عدد الشرائح وعدد الصور فى كل شريحة

* الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى.

* مدة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن 0.5 ملليمتر.

١٦ - ظهرت مقبرة مسجد فى صورة جوية على أرض منسوبها 180 متراً فوق سطح البحر وكان لإرتفاع الطيران 2500 متراً عن سطح البحر. قيست المسافة بين قمة المعلقة وقاعدتها فكانت 0.35 سم وقيست المسافة بين مركز الصورة وقمة المعلقة 25.38 سم. كم يكون لإرتفاع المعلقة؟

الفصل الحادى عشر

الإبصار المجسم

Stereoscopic Vision

أنعم الله عز جلاله، على الإنسان بنعمة النظر، ووهبه عينين تعمل كل منهما كآلة تصوير كاملة. إذ تسجل كل عين - على شبيكتها - المرئيات، بصورة تختلف إختلافاً بسيطاً عن الصورة المسجلة على شبكة العين الأخرى.

وكل عين تهيئ نفسها لهذه الرؤية بحركتين منفصلتين. وهما يركزان البعد البؤرى لهما للحصول على الرؤية الواضحة تبعاً للبعد بين العين والهدف أو المرئى (١). ومع بعض الانحراف البسيط فى محور النظر، تكون كل عين موجهة ناحية المرئى بطريقة تجعل صورته تتكون أو تنطبع على الجزء الحساس فى قاع العين (الشبيكة). فإذا نظرت العينان إلى هدف قريب على بعد متر أو مترين مثلاً، فإنه تنطبع على شبكة العين اليمنى صورة للجزء الأمامى مع بعض الجانب الأيمن لهذا الهدف، بينما تنطبع على شبكة العين اليسرى الجزء الأمامى مع بعض الجانب الأيسر لنفس الهدف. وينقل عصب الإبصار هاتين الصورتين إلى المخ الذى يدمجهما معاً فى صورة واحدة مجسمة معتلة الوضع.

أما إذا نظر الفرد إلى هدف بعين واحدة فقط Monocular Vision فإنه لا يشعر بتجسيمه ومن ثم لا يمكنه تقدير مدى قربه أو بعده بالنسبة للأهداف المحيطة بهذا الهدف. ومن ثم يمكن تعريف الإبصار المجسم بأنه القدرة على تمييز البعد الثالث للمرئيات والإحساس بشكلها مجسماً فى الفراغ.

يبين الشكل رقم (٢٢٥) هدفين د، د٣ على إمتداد خط نظر العين

(١) تكيف عتمة العين نفسها للرؤية، فتبسط العدسة عندما يكون الهدف بعيداً أو كان الضوء خافتاً، وشدت تكورها إذا كان الهدف قريباً أو كان الضوء شديداً، تماماً كما نفعل بألة التصوير المادية عندما نغير البعد البؤرى لعتمتها تبعاً لقرّب الهدف أو بعده أو نغير من سعة العدسة تبعاً لحالة الضوء.

اليسرى. والرؤية الهدف د، تنطبع صورته عند س، فى العين اليسرى. ن، فى العين اليمنى. أما الهدف د، فلا تراه العين اليسرى (إذ يحجبه عنها الهدف د)، بينما تنطبع صورته عند ن، فى العين اليمنى. وتسمى الزاويتان هـ، هـ-م، بزاويتي إلتعاد المرئى، والزاوية α تسمى بزاوية فرق الإلتعاد، ولها أهمية خاصة لأنها تعتبر كمقياس لتحمين المسافة بين الهدفين د، د-م فى الفراغ.

وتستعمل هذه النظرية فى أجهزة الإبصار المجسم لتعيين المسافات النسبية بين النقط واختلاف إرتفاعاتها من أزواج الصور Stereo Pairs.

وتحدد الشروط الطبيعية التالية المسافة التى يمكن منها القدرة على الإبصار

المجسم.



شكل رقم (٢٢٥)

١ - المسافة بين علمتى العينين وتتراوح بين ٦٠، ٧٠ ملليمتر وتسمى بقاعدة الإبصار Eye Base.

٢ - إذا قلت زاوية إلتعاد المرئى (هـ) عن ٢٠ ثانية فى المتوسط، فإن الإنسان العادى لا يمكنه الإحساس باختلاف مواضع الأهداف أى الإبصار المجسم. فقد أثبتت التجربة أن الإنسان المدرب لديه القدرة على الإحساس بالتجسيم حتى ٥ لوان، كما أن

بعض الأشخاص ليس لديهم القدرة على الإبصار المجسم بالمرة. ولا يمكن للإنسان أن يشعر بالرؤية المجسمة إذا زادت هذه الزاوية عن ١٦° وذلك عندما يكون الهدف المرئى على بعد حوالى ٢٥ سم تقريباً من العين، وإن كان البعض لديه القدرة على الرؤية المجسمة حتى بعد ١٥ سم من العين.

ومن هذين الشرطين، نجد أنه لا يمكن الإحساس بالإبصار المجسم أو باختلاف بعد الأهداف إذا زادت المسافة عن ٦٠٠ - ٧٠٠ متر تقريباً، إلا أنه يمكن تقدير المسافة التى تزيد عن ذلك بالإستعانة بالحجم النسبى للأهداف

الرؤية والضوء والظل وغير ذلك.

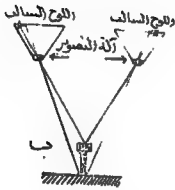
ويمكن زيادة مدى الرؤية المجسمة، إما بزيادة قاعدة الإبصار صناعياً بواسطة مجموعة من المرايا والمنشورات تضاعف طول قاعدة الإبصار وبذلك تزيد زاوية الإبتعاد (هـ) بنفس النسبة. أو بتكبير مجال الإبصار باستعمال مجموعة من العدسات كما فى المناظير المقربة (التلسكوب) فتزداد مسافة الإبصار المجسم طردياً مع نسبة التكبير.

وفى المساحة التصويرية نحصل على الإبصار المجسم بأخذ صور من الثلاثة من نقط مختلفة بحيث يكون فى كل صورة والى تليها جزء مشترك بينهما ويكون خط القاعدة أطول من قاعدة الإبصار. ثم نطبق أسس الإبصار المجسم على المساحة المشتركة بين أزواج الصور.

المشاهدة المجسمة من الصور :

من الممكن تطبيق الأساس الذى سبق شرحه لرؤية نموذج مجسم من زوج من الصور، وذلك إذا استبدلنا المرئيات الموجودة فى الفراغ الحسمى للمعينين فى الطبيعة بصورتين مأخوذتين لهما من نقطتين مختلفتين فإذا نظرنا إلى هاتين الصورتين من أماكن تقابل مركز الصورتين، بحيث تبصر العين اليمنى الصورة التى التقطت من النقطة الأولى، وتبصر العين اليسرى الصورة الثانية التى التقطت من النقطة الثانية. فسوف نحصل على الاندماج الفسيولوجى فى المخ كما نحصل عليه فى الطبيعة، إذ تندمج الصورتان فى نموذج فراغى مجسم واحد بمائل الموجود فى الطبيعة. ويوضح الشكل رقم (٢٢٦) هذه الفكرة كما يلى :

١- فى الشكل (أ) الرؤية المجسمة الطبيعية كما تراها العينان لقائم له قمة عرضية. ويظهر انطباع (صورة) هذا القائم على كل من شبكى العينين. ونلاحظ أن قمة القائم تظهر فى العين اليمنى نحو اليمين بينما تظهر فى العين اليسرى نحو اليسار.

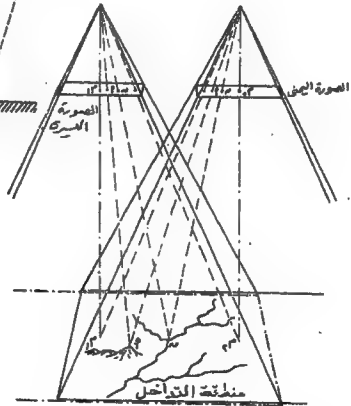
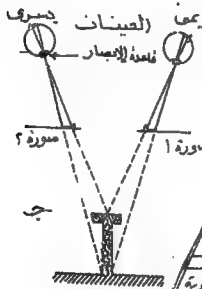


شكل رقم (٢٢٦)

أ- الملاحظة المباشرة للجسم.

ب- وضع آلات التصوير.

ج- الملاحظة المباشرة من الصور.



شكل رقم (٢٢٧)

منطقة التداخل بين

صورتين متعاقبتين

٢- في الشكل (ب) تم وضع آتني تصوير، مكان العينين، وتصوير القائم، فتظهر صورة القائم على السلبية في كل منهما - كما تطبع على شبكتي العينين - إذ نلاحظ أن قمة القائم تظهر نحو اليمين على سلبية آلة التصوير اليمنى ونحو اليسار على سلبية آلة التصوير اليسرى.

وحيث أن السلبية يظهر عليها الهدف معكوساً، فإنه يظهر في الصورة الإيجابية معتدلاً. وعلى ذلك تظهر صورة القائم وقمته إلى اليسار في الصورة الإيجابية اليمنى كما تظهر هذه القمة نحو اليمين في الصورة الإيجابية اليسرى.

٣- تأتني بعد ذلك مرحلة الإبصار الجسم لهاتين الصورتين (الإيجابيتين). ويوضحها الشكل (ج). وذلك بوضع الصورتين على بعد مناسب أمام العينين بنفس ترتبهما وعلى خط يوازي قاعدة الإبصار، وبينهما حاجز من الورق المقوى حتى ترى كل عين الصورة التي أمامها فقط.

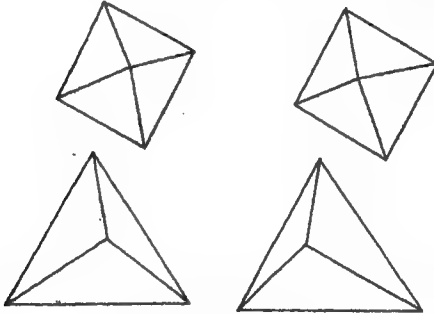
وتركيز النظر على الصورتين، نلاحظ بعد فترة من ١٠ إلى ٣٠ ثانية تقريباً اندماج الصورتين في صورة واحدة ويظهر القائم مجسماً في الفراغ.

أى أنه يمكن القول بأن الاختلاف في البعد بين نقطتين في اتجاه مواز لقاعدة العين، ينتج عنه اختلاف في العمق الظاهري للصورة (العمق الاستريو سكوبي) ومن الواضح أن انحراف محور الرؤية وتغير زاوية الإبعاد لهما أثر في تغير العمق الظاهري للصورة. ولما كان مقدار الانحراف في محور الرؤية لا يمكن للفرد تقديره من حركة عينه، فمعرفة التغير في العمق الظاهري للتجسيم يكون دائماً نسبياً وليس مطلقاً.

والشكل رقم (٢٢٧) يوضح كيف تظهر منطقة التداخل بين صورتين متعاقبتين، وكيف تظهر الأهداف المختلفة في مواقع متباعدة ينتج عنها الأحساس بالإبصار الجسم خصوصاً إذا كانت ذات ارتفاعات مختلفة عن بعضها.

وفى الإمكان قياس الفروق بين المسافات بوسائل القياس العادية (المسطرة) على الرسم أو على الصور. ويمكن إيجاد العلاقة بين فروق هذه المسافات المقاسة وفروق إرتفاعات أو مناسيب الأهداف التى تمثلها.

وهناك أمثلة أخرى عديدة للتدرج على الإبهصار المجسم يوضحها الشكل رقم (٢٢٩). إذ يمكن رسم مربعين أو مثلثين بنفس الأبعاد ثم ترزح نقطة تقاطع القطرين فى المربع أو تلاقى منصفات زوايا المثلث المرسومان فى الناحية اليمنى، نحو اليسار قليلاً. والعكس بالنسبة للمربع والمثلث المرسومان من الناحية اليسرى. وبالنظر إلى كل منهما، نلاحظ إندماج المربعان فى مربع واحد وتظهر نقطة تقابل الأقطار مرتفعة وكذلك الحال بالنسبة للمثلثين إذ يندمجان فى مثلث واحد وتظهر نقطة تلاقى منصفاته مرتفعة عن مستوى المثلث ويبدو الأقطار مائلة فى العمق الاستريوسكوبى إلى مسافات أبعد كما لو كانت أهرامات ومنشورات مجسمة.



شكل رقم (٢٢٩) أمثلة للمشاهدة المجسمة

أجهزة الإبصار المجسم

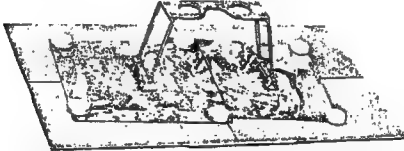
Stereoscopes

تتعدد أجهزة الإبصار المجسم وتتنوع تبعاً للأغراض التي تستخدم فيها وتدرج هذه الأجهزة من المجسمات البسيطة التركيب والتي تستخدم في الأعمال السريعة أو التقريبية مثل مجسمات الجيب والمجسمات ذات المرايا وما شابههما، وهناك المجسمات التي تستخدم في عمليات إنشاء الخرائط الدقيقة، وهي أجهزة معقدة التركيب وقد يحتوى بعضها على أجهزة حاسبة آلية لتساعد في العمليات الحسابية المعقدة التي يتطلبها العمل بمثل هذه الأجهزة^(١). ويحتاج هذا النوع من الأجهزة إلى متخصصين مدربين على استعمالها. وجدير بالذكر أن كلا هذين النوعين يعتمدان على نظرية الإبصار المجسم من أزواج الصور وتكون البعد الثالث في الفراغ وهو ما سبق شرحه في الصفحات السابقة.

ولما كانت دراستنا تختص في المقام الأول بما يفيد "جغرافى من هذه الأجهزة، فنكتفى بالإشارة إلى تلك المجسمات البسيطة التركيب.

١ - المجسم الجيبى. Pocket Steroscope

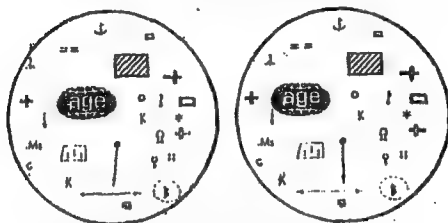
وتكون من عدستين بسيطتين مثبتتين في إطار معدنى المسافة بينهما تساوى قاعدة الإبصار تقريباً، ومركب في الإطار المعدنى أرجل يمكن طيها حتى يمكن حفظه في الجيب عند عدم استعماله، شكل رقم (٢٣٠) وتتراوح قوة تكبير هذه العدسات ما بين ٢ إلى ٤ أضعاف المساحة المرئية من الصور. وفي بعض المجسمات قد تكون هذه العدسات منشورية لتعمل على فصل الصور المستعملة بمسافات تسمح بالرؤية المجسمة المريحة.



شكل رقم (٢٣٠) مجسم جيبى طراز Zeiss صناعة ألمانيا الغربية

(١) يصل لمن يمشى هذه الأجهزة إلى نحو مليون دولار أمريكى.

ويمتاز الجسم الجيبي بقلة تكاليفه إذ لا يمتدئ لثمنه بضعة جنيهات فضلاً عن صغر حجمه وخفة وزنه وعدم حاجته إلى الضبط، مما يجعله ملائماً أثناء العمل الحقلى وفى الأغراض التدريبية والتدرسية، كما يمكن إستخدامه فى تجسيم الصور المطبوعة فى الكتب التى تتناول دراسة الصور الجوية ^(١).



TEST STEREOGRAM FOR CHECKING STEREO ACUITY

شكل رقم (٢٣١)

والشكل رقم (٢٣١) عبارة عن أحد التمارين العملية التى يمكن إستخدامها مع هذا الجهاز. وهو عبارة عن دائرتين رسم فى كل منهما مجموعة من الأشكال، والمسافة بين كل زوج متشابه من هذه الأشكال فى كل من الدائرتين تختلف عن المسافة بين الأزواج الأخرى. وبالتالى فإنه عند النظر إلى هاتين الدائرتين بواسطة الجسم الجيبي، يلاحظ ما يلى :

* إندماج الدائرتان استريوسكوبيا لتصبح دائرة واحدة منظورة فى الفراغ.

* تظهر أزواج الأشكال المتشابهة، كل منها مندمج فى شكل واحد مجسم وعلى مستويات مختلفة فى الفراغ. بحيث يمكن تمييز الأشكال الأقرب

(١) تذكر على سبيل المثال كتاب

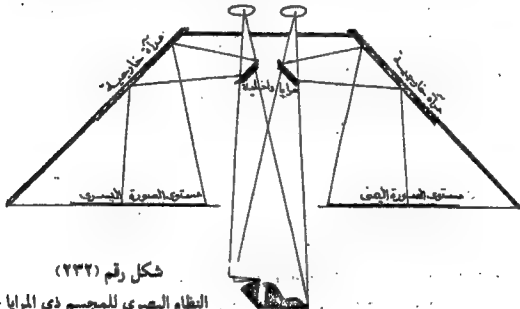
Harold R. Wanles ; Aerial Stereo Photographs, for Sreerescopie Viewing in
Geology, Geography..... etc, Hubbard Press, U. S. A., 1973.

إلى العين من تلك البعيدة عنها، والسبب في ذلك اختلاف المسافات بين كل زوج وآخر.

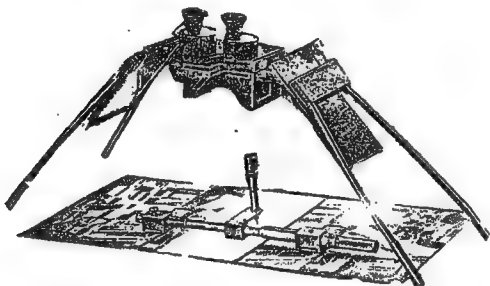
وإستخدام مجسمات الجيب محدود، بسبب صغره وعدم دقته. لذا يصعب إستخدامه في دراسة الصور الجوية ذات الأبعاد المعتادة إذ أنه يجب أن توضع أزواج الصور تحته على مسافة قريبة جداً من بعضها حتى يمكن تدقيق الإبصار المجسم، الأمر الذي ينبغي معه على أو لئى طرف إحدهما حتى لا تغطى على ما فى الصورة الأخرى. كما أن مجال الرؤية لهذه المجسمات صغير ومحدود. فلا يمكن رؤية المساحة المتداخلة كلها فى نظرة واحدة. وإذا كانت المسافة بين مركزي العدستين أكبر قليلاً من مسافة قاعدة الإبصار للشخص الذى يستخدمه فإن النموذج المجسم يبدو مقعراً، وعلى العكس يبدو النموذج محدباً إذا كانت المسافة بين العدستين أقل من قاعدة الإبصار.

٢ - المجسم ذو المرايا Mirror Stereoscope

يوضح الشكل رقم (٢٣٢) النظام البصرى لهذا الجهاز. فالشعاعان الساقطان من الصورتين يتمكسان أولاً على مرآيا خارجية - تميل على المستوى الأفقى بزاوية قدرها 45° ، فتعكس الأشعة نحو مرآيا أخرى صغيرة داخلية موازية ومواجهة للمرآيا الخارجية، ومنها تنعكس الأشعة إلى الإلتقاء الرأسى ولكن



تفصل بينهما مسافة مناسبة لقاعدة الإبصار. وهذه المسافة يمكن التحكم فيها عن طريق تحريك المرايا الداخلية نحو المرايا الخارجية أو العكس حتى تتساوى مع قاعدة الإبصار للشخص الذى يستخدم الجهاز. ونظراً لأن المسافة الضوئية بين العين والصورتين كبيرة، فإن النموذج الجسم يظهر صغيراً جداً. ولذلك فالجهاز مزود بعدسات توضع بين العينان والمرايا الداخلية كما توجد عدسات تكبير أخرى يمكن تركيبها فى الجسم. والشكل رقم (٢٣٢) يبين أحد أنواع المجسمات ذات المرايا، ويظهر معه قضيب الأبعاد وفى وسطه قلم لرسم خطوط المناسب.



شكل رقم (٢٣٣) مجسم طراز St4 صناعة Zeiss

إستخدام الجهاز :

للحصول على نموذج مجسم من أزواج الصور الجوية بإستخدام المجسمات ذات المرايا - تجرى الآتى :

- ١ - توضع الصورتان فوق بعضهما بحيث تنطبق التفاصيل فى منطقة التداخل وتبدو مستمرة نحو الجانبين فى المناطق التى ليس بها تداخل. مع مراعاة أن يكون مصدر الضوء من الركن العلوى الأيسر للصورتين. وبالتالى تكون

ظلال المعالم المختلفة كالجبال والأشجار والمباني وغيرها فى الإتجاه الأيمن .
وذلك لتلافى تأثير الإبصار الجسم المعكوس^(١) .

٢ - نحرك الصورة الأولى - والتي تظهر فيها منطقة التداخل على جانبيها الأيمن نحو اليسار، ونحرك الصورة الثانية - والتي تظهر فيها منطقة التداخل على جانبيها الأيسر - نحو اليمين .

٣ - يحدد مكان النقطة الرئيسية لكلا الصورتين . وذلك برسم خط يصل بين كل علامتين متقابلتين من علامات المركز الموجودة على أطراف كل صورة . ويكون تقاطعهما هو المكان الصحيح للنقطة الرئيسية بإعتبار أن الصور الجبهة المستخدمة رأسية تماماً .

٤ - يحدد مكان النقطة الرئيسية لكل صورة على الصورة الأخرى . وللتعرف على مكاتهما يستعان بالتفاصيل المحيطة بهما فى كل من الصورتين .
وبذلك يتم تحديد أربع نقط فى منطقة التداخل بكلا الصورتين .

٥ - تبعد الصورتان عن بعضهما جانبياً ، بحيث تكون المسافة بين النقطة الرئيسية لكل منهما حوالى ٢٥ - ٢٦ سم . وتثبت الصورتان بغرس دبوس فى النقطة الرئيسية ١٥ فى الصورة اليسرى و ٢٥ فى الصورة اليمنى .

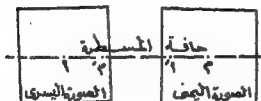
٦ - نوضع مسطرة شفافه بحيث يمس طرفها الدبوسين ، تدار الصورة اليسرى قليلاً حتى تصبح (٢) - صورة النقطة الرئيسية للصورة اليمنى كما تظهر فى الصورة اليسرى) مماسة لحافة المسطرة . عندئذ تثبت الصورة اليسرى بورق لاصق على أطرافها .

٧ - نحرك الصورة اليمنى حركة دائرية حول الدبوس المثبت فى مركزها ، حتى تصبح (١) - صورة النقطة الرئيسية للصورة اليسرى كما تظهر فى

(١) فى حالة وضع الصورة اليمنى مكان الصورة اليسرى - مع الاحتفاظ بالتوجه السليم - نلاحظ فى النموذج الجسم أن اللناء المرتفعة تبدو منخفضة والمكسر فالأماكن المنخفضة تبدو مرتفعة ويهود ذلك إلى إتكاس الفرق فى الإبتعاد بين النقط ويسمى ذلك بالإبصار المعكوس Pseudoscopic Vision .

ولا يقتصر ذلك الإبصار الجسم الكاذب على أزواج الصور فقط ، بل يشاهد أيضاً فى الصور المنطردة ، خاصة عندما توجه بحيث يكون إتجاه الظلال بعيداً عن الصور .

الصورة اليمنى) مماسة لحافة المسطرة. أى تصبح النقط ١، ٢، ١، ٢، فى
خط مستقيم هو حافة المسطرة ويسمى بخط القاعدة الفوتوغرافى
Photomase أو خط الطيران Flight (شكل رقم ٢٣٤).



شكل رقم (٢٣٤)

وضع الصورة الجوية تحت الجسم

٨ - يوضع الجسم فوق الصورتين بحيث يوازى قاعدة الإبصار فيه خط القاعدة
الفوتوغرافى على الصورتين، حتى ترى النقطة الرئيسية فى الصورة اليسرى
فى مركز الإبصار، مع إستمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع. ثم نحرك
الصورة اليمنى ببطء نحو اليمين أو نحو اليسار حتى تندمج النقطة الرئيسية
١٥ مع النقطة الرئيسية ١٥ تماماً وتظهران كنقطة واحدة مجسمة.

٩ - ينقل الجسم نحو اليمين بحيث تظهر النقطة الرئيسية للصورة اليمنى ٢٥
فى مركز الإبصار، مع إستمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع. وهنا لابد
أن تندمج هذه النقطة مع نظيرتها فى الصورة اليسرى ٢٥ وتظهران كنقطة
واحدة مجسمة.

١٠ - ثبت الصورة اليمنى بورق لاصق عند أطرافها. ويتم التأكد مرة أخرى
أن خطى القاعدة فى الصورتين على إستقامة واحدة. وبذلك تكون
الصورتان جاهزتان للدراسات الاستريوسكوبية.

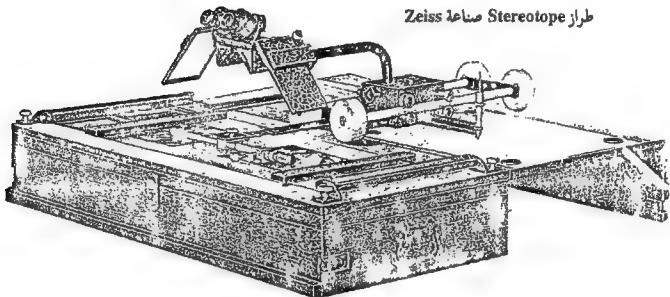
وجدير بالذكر أنه فى بعض الأحيان قد يستلزم الأمر دوران الجسم فى اتجاه
عقرب الساعة أو عكس هذا الاتجاه للمحافظة على رؤية خطى القاعدة فى
الصورتين كخط واحد مستقيم، وكذلك للمحافظة على رؤية النموذج الجسم.

وهناك أنواع من المجسمات مثبتة على حامل معدنى متصل بقاعدة عليها
لوحة معدنية متحركة محفور عليها خط القاعدة فى منتصفها. يتميز هذا

النوع من الأجهزة شباته مما يسهل عملية ضبط الصورة وذلك بالإستغناء عن المسطرة. كما أن دوران اللوحة (القاعدة) أسهل من دوران الجهاز ذاته. والشكل رقم (٢٣٥) يبين أحد هذه الأنواع.

شكل رقم (٢٣٥) استريوسكوب

طراز Stereotype صناعة Zeiss



المبالغة الرأسية Vertical Exaggeration

ويقصد به أن النموذج المجسم الذى يتكون فى الفراغ باستخدام أجهزة التجسيم يكون به بعض المبالغة. فتبدو الظاهرات المرتفعة أكثر ارتفاعاً عن حقيقتها. فقد يظهر مبنى - إرتفاعه الحقيقى ٣٠ متراً - يظهر فى النموذج المجسم وكأن إرتفاعه ٤٥ متراً. فتكون نسبة المبالغة فى هذه الحالة ١,٥. وهناك عوامل عديدة تؤدي إلى حدوث المبالغة الرأسية، نوجز أهمها فيما يلى :

* طول القاعدة الهوائية، فتزداد المبالغة كلما زاد طول القاعدة الهوائية، وبمعنى آخر تزداد هذه المبالغة كلما قلت نسبة التداخل الطولى بين أزواج الصور.

* البعد البؤرى للعدسة آلة التصوير. فهناك علاقة عكسية بين نسبة المبالغة والبعد البؤرى إذ كلما قل البعد البؤرى للعدسة زادت المبالغة الرأسية.

* المسافة بين النقطتين الرئيسيتين للصورتين (وتسمى بمسافة الانفصال) وكذلك المسافة بين مستوى الصورتين وعدسى المجسم المستعمل. فكلما

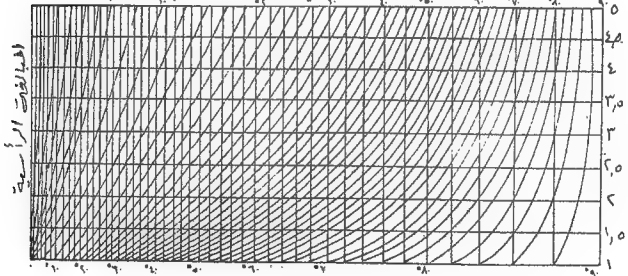
زادت هاتان المسافتان كلما زادت نسبة المبالغة الرأسية.

* تتناسب المبالغة الرأسية عكسياً مع قاعدة الإبصار، أى أنه كلما صغرت قاعدة الإبصار كلما ازدادت نسبة المبالغة.

وتوجد طرق رياضية عديدة لحساب نسبة المبالغة الرأسية فى الصور الجوية أثناء الإبصار المجسم، تدخل فى إعتبرها هذه العوامل. وعلى أية حال هناك طريقة عملية يمكن إستخدامها لقياس نسبة المبالغة الرأسية فى حالة وجود خريطة كنتورية أو خريطة مناسيب للمنطقة المصورة.

وتتلخص هذه الطريقة فى إختيار أربعة أو خمسة إنحدارات موجودة فى الأجزاء الوسطى من الصور الجوية وتوقع أماكنها على الخريطة، ثم تقدر درجة الإنحدار الظاهرى لهذه الإنحدارات أثناء الإبصار المجسم للصور الجوية، كما تحسب درجة الإنحدار الحقيقى لنفس هذه الإنحدارات من الخريطة الكنتورية. وتطبق درجتى الإنحدار الظاهرية والحقيقية على الرسم البيانى اللوغارىسمى الذى يوضحه الشكل رقم (٢٣٦) وبالتالى يمكن معرفة مقدار المبالغة الرأسية.

نسبة الإنحدار أو الميل الحقيقى (المحسبان)



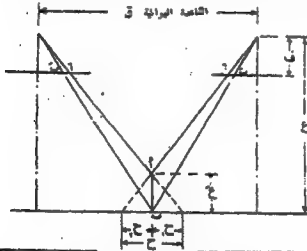
نسبة الإنحدار أو الميل الظاهري (المحطوط المعرجة)

شكل رقم (٢٣٦) منحنيات درجة الإنحدار الحقيقية وتعيين المبالغة الرأسية

(نقلاً عن ميلو 1961 - Miller).

قياس الارتفاعات من الصور الجوية

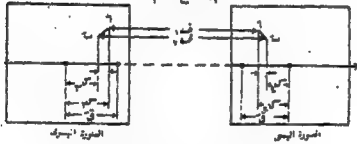
تعتبر عملية القياس من الصور الجوية المجسمة من أهم العناصر اللازمة لإنتاج الخرائط الكتوتوية والطبوغرافية. ويهتم الجغرافى أثناء دراسته لأزواج الصور استريوسكوبيا، بالحصول على بعض القياسات الخاصة بالظواهر الطبيعية التى يراها مجسمة، مثل الفرق فى مناسيب هذه الظواهر بالنسبة لبعضها أو تحديد درجات إنحدارها مثل جوانب التلال أو الأودية أو المجارى المائية... إلخ. وتعتمد طرق القياس من الصور الجوية أساساً على نظريات الإبتعاد Parallax ويعتبر قضيب الإبتعاد Parallax bar أو Stereometer من الأجهزة الشائعة الإستخدام لهذا الغرض.



الإبتعاد المطلق و الفرق الإبتعاد

يعرف الإبتعاد بأنه الإزاحة الظاهرية لموقع هدف بالنسبة لمرجع معلوم نتيجة لتغير مكان الرقبة. وتوضح ذلك، ضبع قلماً فى وضع رأسى على بعد حوالى متر واحد أمامك. أنظر إليه بالعين اليمنى فقط وحدد مكانه بالنسبة لعلامة على الحائط.

ثم أنظر إليه بالعين



شكل رقم (٧٣٧) العلاقة بين فرق الإبتعاد

و القياس المسافات الرأسية

اليسرى فقط (دون تحريك القلم)، نلاحظ أن موقعه على الحائط قد إنتقل نحو اليمين بالنسبة لموقعه الأول. وفى الصورة الجوية تمثل أماكن التصوير نقاط الابصار المتغيرة، ويكون الفرق الظاهرى لموقع أى نقطة على صورتين متاليتين هو إبتعاد هذه النقطة.

يمثل الشكل رقم (٢٣٧) زوج من الصور الجوية بهما لتداخل طولى والصورتان موجهتان توجيهاً استروسكوبياً صحيحاً بحيث تظهر منطقة التداخل مجسمة. تمثل النقطة أ قمة برج بينما تمثل النقطة ب قاعدة هذا البرج.

$$\text{الإبتعاد المطلق للنقطة أ : ح أ} = \text{س ١} + \text{س ٢}$$

$$\text{، الإبتعاد المطلق للنقطة ب : ح ب} = \text{س ٢} + \text{س ٤}$$

$$\text{، الفرق الإبتعاد ح} = \text{ح ب} - \text{ح أ} = \text{أو ح} = \text{ف ٢} - \text{ف ١}$$

وجدير بالذكر أن الإبتعاد يكون دائماً على خطوط موازية لخط القاعدة كما نلاحظ عدم وجود إبتعاد فى الاتجاه العمودى على خط القاعدة (خط الطيران) وهذه الخاصية من الخصائص الهامة للإبصار المجسم.

العلاقة بين فرق الإبتعاد وفرق المنسوب :

من الشكل رقم (٢٣٧) يمكن إيجاد علاقة رياضية بين فرق الإبتعاد بين نقطتين وبين الفرق فى منسوبيهما وتمثلها المعادلة الآتية :

$$\Delta \text{ ل} = \frac{\text{ح أ} \times \text{ع}}{\text{ق م} + \Delta \text{ ح}}$$

حيث : $\Delta \text{ ل}$: الفرق بين منسوبى النقطتين.

ع : إرتفاع الطائرة عن منسوب النقطة المعلوم.

ق م : طول خط القاعدة الجوية حسب مقياس الرسم عند منسوب النقطة المعلوم.

$\Delta \text{ ح}$: فرق الإبتعاد بين النقطتين مقاساً بقضيب الإبتعاد.

مثال :

زوج من الصور الجوية المتتالية، أبعادهما 20×20 سم بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ ونسبة التداخل الطولى بينهما ٧٠٪ والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٥ سم. تتراوح مناسيب سطح الأرض بين مستوى سطح البحر ٣٠٠ متر. يظهر

فيهما صورة برج لتقوية الإرسال اللاسلكى منسوب قاعدته ١٧٥ متراً فوق سطح البحر. لإيجاد ارتفاع هذا البرج قيس إبتعاد قاعدته (ح أ) بقضيب الإبتعاد فكانت ٥,٠٨ ملليمترات، كما قيس إبتعاد قمته (ح ب) وكانت ٥,٨٣ ملليمترات. فكم يبلغ ارتفاع هذا البرج.

الإجابة :

١ - إرتفاع الطائرة عن قاعدة البرج :

$$\begin{aligned} \text{إرتفاع الطائرة عن سطح البحر (ع.م)} &= (م \times ف) + هـ \\ &= (٠,٢٥ \times ٢٥٠٠٠) + \left(\frac{٣٠٠ + \text{صفر}}{٢} \right) = ٦٤٠٠ \text{ متر.} \\ \text{إرتفاع الطائرة عن قاعدة البرج} &= ١٧٥ - ٦٤٠٠ = ٦٢٢٥ \text{ متراً} \end{aligned}$$

٢ - طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج :

$$\begin{aligned} \text{طول خط القاعدة عند سطح البحر} \quad ق م &= و \times (١ - ت) \\ &= (٠,٦ - ١) \times ٢٠ = ٨ \text{ سم} \end{aligned}$$

(لاحظ عدم استخدام مقياس الرسم فى هذه المعادلة لأن المطلوب طول خط القاعدة عل الصورة الجوية وليس على الطبيعة).

$$\begin{aligned} \text{طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج} &= \frac{٦٤٠٠}{٦٢٢٥} \times ٨٠ = ٨٢,٢٥ \text{ ملليمتر} \\ ق م &= ٨٢,٢٥ \text{ ملليمتر} \end{aligned}$$

٣ - فرق الإبتعاد بين النقطتين : $\Delta ح = ح ب - ح أ$

$$= ٥,٨٣ - ٥,٠٨ = ٠,٧٥ \text{ ملليمتر}$$

٤ - منسوب قمة البرج :

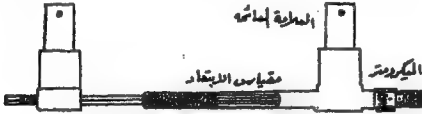
$$\text{فرق المنسوب ول} = \frac{ح \times \Delta ح}{ق م + \Delta ح} = \frac{٠,٧٥ \times ٦٢٢٥}{٠,٧٥ + ٨٢,٢٥} = ٥٦,٢٥ \text{ متراً}$$

$$\text{منسوب قمة البرج} = ٥٦,٢٥ + ١٧٥,٠٠ = ٢٣١,٢٥ \text{ متر فوق سطح البحر}$$

قياس فرق الإبتعاد :

ذكرنا سابقاً أن فرق الإبتعاد (Δ) ينشأ نتيجة إختلاف منسوب نقطتين ظاهرتين فى زوج من الصور الجوية المتداخلة (ΔL). وهو السبب الأساسى فى شعورنا بالبعد الثالث - أى الإبصار المجسم - عند النظر لهذا الزوج من الصور الجوية. كما أنه المنصر الأساسى الذى يستعمل لإيجاد مناسب الظاهرات والأهداف المختلفة فى الصور الجوية ورسم خطوط الكتتور سواء بالحساب أو بأجهزة الإبصار المجسم.

ويستخدم قضيب الإبتعاد (أو قضيب البرلاكس) شكل (٢٣٨) لقياس فرق الإبتعاد مباشرة للنقط الموجودة فى أزواج الصور الجوية. ويتركب من قضيب معدنى رئيسى مركب عليه شريحتان من الزجاج محفور فى مركز كل منهما علامة مميزة، قد تكون نقطة أو دائرة صغيرة أو تقاطع (+) والشريحة اليسرى مثبتة بالقضيب أما الشريحة اليمنى فتتزلزل عليه بواسطة ميكرومتر تصل دقته إلى ٠.٠١ من المليمتر.

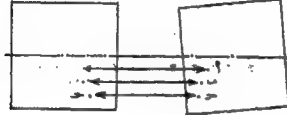


شكل رقم (٢٣٨) قضيب الإبتعاد Parallax Bar

وإذا نظرنا إلى هاتين العلامتين بواسطة المجسم فإنهما تندمجان معاً وتكونا علامة واحدة تسمى بالعلامة العائمة Floating Mark ذلك أنها تظهر وكأنها تعوم فى مستوى أفقى ثابت إذا حركنا قضيب الإبتعاد، مع مراعاة أن يكون القضيب دائماً موازياً لقاعدة إبصار المجسم. فإذا حركنا الميكرومتر ليزيد من فرق إبتعاد العلامتين أو يقلل منها، ونظرنا مرة أخرى إليهما بالمجسم، نجد أن المستوى الأفقى للعلامة العائمة قد تغير إلى أسفل أو إلى أعلى من المستوى السابق.

وجدير بالذكر أن القراءات الموجودة على قضيب الإبتعاد لا تمثل القياس المطلق لمسافة الانفصال، بل هي عبارة عن قياس نسبي بين مسافتين، لأن العبارة هنا بفرق الإبتعاد. فالفرق بين مسافتى الانفصال لنقطتين هو الذى يمثل قياساً مطلقاً وقيمته تساوى فرق القراءتين على قضيب الإبتعاد.

وغالبية أجهزة قياس فرق الإبتعاد تعطى قراءة كبيرة لمسافة الانفصال الكبيرة (أى للنقط المنخفضة) ولتوضيح ذلك يمثل الشكل رقم (٢٣٩) مسافات الانفصال لثلاث نقط أ، ب، ج، ومنه يتبين أن النقطة أ أدناها فى المنسوب، بينما النقطة ب فى منسوب متوسط بين أ، ج. فإذا كانت قراءة قضيب الإبتعاد عند النقطة أ = ٧,٥ ملليمترات، فإنها تكون عند النقطة ب = ٨,٥ ملليمترات بينما تكون عند النقطة ج = ٨,٥ ملليمترات على سبيل المثال



شكل رقم (٢٣٩)

العلاقة بين الانفصال

وقراءات قضيب الإبتعاد

ولقياس فرق الإبتعاد يتم ذلك على النحو التالى :

طريقة العمل :

١ - يوضع زوج الصور الجوية تحت الجسم وتجرى الخطوات التى سبق ذكرها (إستخدام الجسم للحصول على نموذج مجسم^(١١)) مع إستخدام عدسات التكبير.

٢ - يوضع قضيب الإبتعاد فوق الصورتين بحيث يكون محوره موازياً لحط الطيران (خط القاعدة) وبحيث تنطبق العلامة اليسرى الموجودة على الشريحة الزجاجة فوق نقطة (أ) - المطلوب : قياس إبتعادها - على الصورة اليسرى (شكل رقم ٢٤٠).

(١١) أنظر من ص ٤٨١ - ٤٨٣.

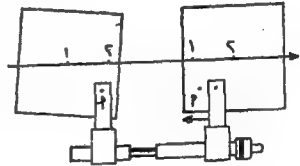
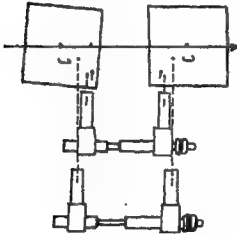
٣ - يحرك الميكرومتر الذى يتحكم فى حركة الشريحة الزجاجية اليمنى، فلاحظ تحرك العلامة الموجودة عليها، حتى تتطوق العلامتان وتتدمجان مع بعضهما فى علامة واحدة طافية فى النموذج الجسم.

٤ - بتحريك الميكرومتر حركة بسيطة يمكن رفع العلامة العائمة أو خفضها حتى تستقر وتلاصق سطح الأرض عند النقطة (أ) المطلوبة. وتدون القراءة المدونة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر (ح أ).

ويتمثل فى التطبيق العملى أن ترفع العلامة العائمة أولاً فوق سطح الأرض ثم يحرك الميكرومتر فى الاتجاه المسمى حتى تهبط هذه العلامة وتلاصق سطح الأرض.

٥ - تكرر الخطوات السابقة (من ٢ إلى ٤). على النقطة «ب» وتدون القراءة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر (ح ب).

٦ - الفرق بين القراءتين يساوى فرق الإبتعاد بين النقطتين. $\Delta \text{ح} = \text{ح أ} - \text{ح ب}$ والشكل رقم (٢٤١) يوضح رسماً تخطيطياً لقضيب الإبتعاد أثناء وضعه بالنسبة للنقطتين أ، ب.



شكل رقم (٢٤١) قياس فرق الإبتعاد
بالقضيب الإبتعاد

شكل رقم (٢٤٠) قياس فرق
الإبتعاد للنقطة أ

مصادر الأخطاء في قياس فرق الإبتعاد :

١ - الدقة في التوجيه الصحيح للصور :

إن عدم وضع أزواج الصور تحت المجسم موجهة توجيهها أساسياً صحيحاً، ينتج عنه إبتعاداً رأسياً. إذ يجب أن يكون الخط الواصل بين محطتي التقاط الصورتين (خط الطيران) على إستقامة تامة وموازيًا للقاعدة البصرية للجهاز. وبذلك يكون الخط الواصل بين أى نقطتين متناظرتين على الصورتين موازيًا للقاعدة البصرية ويتلاشى الإبتعاد الرأسى.

٢ - عدم ثبات إرتفاع الطيران :

فى بعض الأحيان ، قد يكون إرتفاع الطيران أثناء التصوير غير ثابت، مما ينشأ عنه أن الصورتين قد تم تصويرهما من إرتفاعين مختلفين للطائرة. مما يؤدي إلى وجود فرق فى الإبتعاد الرأسى للأهداف، نتيجة لإختلاف مقباس الرسم فى الصورتين. ويمكن التغلب على ذلك بزحزحة الشريحة الزجاجية بيسرى لقضيب الإبتعاد رأسياً بواسطة المسمار الخاص بهذه الحركة.

٣ - عدم رأسية الصورة الجوية :

١- إذا كان بإحدى الصورتين ميل - سواء على محور خط الطيران أو عمودياً عليه - نتيجة لميل الطائرة أثناء التصوير. فإن الصورة الناتجة تمثل فى حقيقتها منطقة على شكل شبه منحرف. وبالتالي ينشأ إبتعاد رأسى للأهداف المبينة بها. ولتلافى ذلك يمكن القيام بتعديل الصور بالجهاز الخاص لذلك الغرض والذي سبقت الإشارة إليه. وعموماً فإن هذا الخطأ نادر الحدوث لأنه من المعتاد القيام بتعديل الصور التى يحدث فيها مثل هذا الميل قبل طبعها وإستخدامها.

٤ - الدقة فى الإبهار المجسم :

تعتمد قدرة الجغرافى على وضع العلامة العائمة لقضيب الإبتعاد على مكان محدد على سطح الأرض (فى النموذج المجسم) على مهارته وحساسيته الاستريوسكوبية. وكلما كان دقيقاً فى ملامسة العلامة العائمة على الهدف

المطلوب قياس إلتعاده، كلما كانت النتائج أفضل. ونتائج القياس المتنازلة هي التي تبلغ دقتها ٠,٠١ من المليمتر. وتقليل من التمرين يستطيع الجغرافى أن يصل إلى دقة تقل عن ٠,٠٥ مليمتر وهي الحد الأقصى المسموح به.

ولتوضيح ذلك: يفرض أن هناك خطأ فى قراءة فرق الإلتعاد لنقطة ما على زوج من الصور الجوية يبلغ ٠,٠١ مليمتر، فإن ذلك يعنى تغيراً فى المنسوب (فرق الإرتفاع) يعتمد فى قيمته على مقياس رسم الصور الجوية وكذلك على البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير.

مثال :

الخطأ فى قراءة فرق الإلتعاد ٠,٠١ مليمتر، البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٥ سم، طول خط القاعدة الجوية على الصورتين ٤٩,٩٩ مليمتر.

أ - الصور الجوية بمقياس ١ : ٢٠٠٠٠

إرتفاع الطيران (ع) = م × ف = ٠,٢٥ × ٢٠٠٠٠ = ٥٠٠٠ متر

$$\text{فرق الإرتفاع } \Delta \text{ ل} = \frac{\text{ح} \times \text{ع}}{\text{ق} + \text{ح}} = \frac{٠,٠١ \times ٥٠٠٠}{٠,٠١ + ٤٩,٩٩} = ١,٠٠ \text{ متر}$$

ب - الصور الجوية بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠

(ع) = ٠,٢٥ × ٥٠٠٠٠ = ١٢٥٠ متر

$$\text{ل} = \frac{٠,٠١ \times ١٢٥٠}{٠,٠١ + ٤٩,٩٩} = ٢,٥ \text{ متر}$$

أى أن الخطأ الناتج عن فرق إلتعاده قدره ٠,٠١ مليمتر يسبب خطأ فى المنسوب قدره متر واحد فى الصورة بمقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ ويرتفع هذا الخطأ إلى ٢,٥ متراً فى الصورة الجوية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠.

رسم الخرائط من الصور الجوية

يمكن الحصول على خرائط بلايتمترية مستوية^(١) أو كـتـشـوـريـة من أزواج الصور الجوية بطرق متعددة، تعتمد على درجة الدقة المطلوبة في هذه الخرائط. ونذكر هنا بعض الطرق التي يمكن للجغرافي إستخدامها لإنتاج خرائط من الصور الجوية. وقد روعي في هذه الطرق أن تكون بسيطة الإجراء ويسهل إستخدامها دون ما حاجة إلى دراسات فوتوجرامترية متطورة، كما تعتمد على بعض الأجهزة المناسبة البسيطة التركيب والتي يمكن توافرها لهذا الغرض.

١ - النقل اليدوي :

يمكن إنتاج خرائط مستوية - تبين المعالم والتفاصيل الموجودة بالصورة مثل مجارى الأنهار والأودية والطرق بأنواعها وحدود الأحواض والحقول الزراعية والمباني ومواقع الأبراج وغيرها من الظواهر المختلفة التي تظهر في الصورة الجوية بنفس مقياس رسم هذه الصور. وذلك على النحو التالي .

١ - تجهيز لوح من الورق الشفاف (تسمى لوحة التجميع) تتناسب مساحتها مع مساحة المنطقة المطلوب نقلها، بمقياس رسم الصور الجوية الموجودة بالمنطقة.

٢ - يحدد على كل صورة جوية النقط الرئيسية الثلاث والتي تمثل مركز الصورة ذاتها ومركز الصورة السابقة لها ومركز الصورة التالية لها كما يحدد على كل صورة أربعة أهداف^(٢) - تسمى بنقط الربط - إثنان على يمين خط الطيران وإثنان على يساره بحيث يظهر هدفان منهما مع الصورة السابقة، والآخران مع الصورة التالية أي يظهران فيها.

٣ - توضع الصورة الأولى في مكان مناسب تحت الشفافة ويتم توقيع النقط

(١) أي تهمل في هذه الخرائط الإرتفاعات والمناسيب

(٢) عادة ما تكون هذه الأهداف نقاط تقاطع طرق أو التقاء المجارى النهرية أو أركان المباني أو الأبراج... الخ والتي يمكن تحديد موقعها بكل دقة على الخرائط.

الرئيسية ونقط الربط السابق تحديدها في الخطوة السابقة، ثم توضع الصورة التي تليها وتحرك الشفافة عليها حتى تنطبق النقط السابق توقيعا من الصورة الأولى على نظيرتها التي تظهر في الصورة الثانية، ويتم توقيع النقط الرئيسية ونقط الربط الجديدة. وهكذا يستمر العمل في باقى الصور، حتى يتم توقيع كل النقط الرئيسية ونقط الربط على الشفافة «لوحة التجميع».

٤ - إذا كانت هناك خرائط سابقة للمنطقة المطلوب رسمها من الصور الجوية، يستحسن في هذه الحالة مقارنة لوحة التجميع التي تم الحصول عليها بهذه الخريطة لإكتشاف ما إذا كانت الأهداف الموقعة من الصور الجوية على لوحة التجميع تتفق مع نظيرتها التي تظهر في الخريطة الأصلية. وإذا كان هناك إختلاف كبير في مواقع بعض هذه الأهداف (نقط الربط) - يتم إختيار موقع وسط مناسب بين الخريطة الأصلية ولوحة التجميع. ويعتمد ذلك على قدرة ومهارة وخبرة الجغرافى في تعديل مثل هذه الأخطاء.

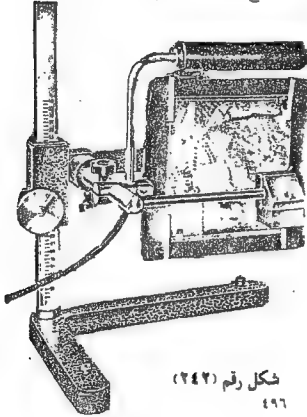
٥ - تثبت الصورة الأولى - مرة أخرى - على المنضدة، وتوضع فوقها لوحة التجميع - بعد تصحيحها، إلى أن تنطبق النقط الرئيسية ونقط الربط على نظائرها الموجودة في الصورة. ثم تبدأ عملية شف المعلومات والأهداف والظواهر الطبوغرافية المطلوب توقيعها. يقتصر ذلك على المنطقة التي بين نقط الربط فقط. توضع الصورة التالية، ويتم إجراء ما سبق إجراؤه في الصورة الأولى، وهكذا في باقى الصور.

وجدير بالذكر أن هذه الطريقة، رغم بساطتها وعدم حاجتها إلى أجهزة مساعدة فإنها تعطى نتائج جيدة إذا كانت المنطقة تتميز بإستواء السطح تقريباً أو أن يكون الفرق بين المناسيب فيها صغيراً. كذلك إذا كانت الصور الجوية المستخدمة رأسية تماماً - حتى تتلاشى مشكلة لإزاحة مواقع النقط بسبب إختلاف المنسوب أو الميل. أما إذا كان هناك تفاوت كبير في المناسيب أو وجود ميل في بعض الصور، أو إذا كان هناك إختلاف واضح بين مقياس رسم الخرائط الموجودة للمنطقة ومقياس رسم الصور الجوية، فمن الأفضل في هذه الحالة إستعمال الأجهزة.

٢ - النقل بواسطة الاسكتش ماستر Sketchmaster :

وهو جهاز يستخدم لرسم الخرائط المستوية ذات مقاييس الرسم الصغيرة، والتي يمكن إستعمالها فى مراجعة (تحقيق) الخرائط الموجودة أصلاً.

ويتركب الاسكتش ماستر من قائم رأسى يتحرك عليه حامل للصورة، كما يتحرك عليه ذراع عمودى على القائم مركب به منشور زجاجى مزدوج أحد وجهيه يقابل حامل الصورة، والوجه الثانى ويسمى بالعينية متجه إلى أسفل. ومركب على كلا الوجهين إطاران لوضع عدسات تختلف فى قوتها، ويمكن إمالة حامل الصورة بواسطة مسامير خاصة فى أى إتجاه للتخلص من تأثير الميل الذى قد يكون موجوداً فى بعض الصور الجوية. كذلك يمكن رفع ذراع المنشور إلى أعلى أو خفضه إلى أسفل لضبط مقياس رسم الصورة الناتجة مع مقياس رسم الصور الجوية أو مقياس رسم الخريطة المطلوب التوقيع عليها. أما العدسات فتستخدم فى حالة ما إذا كان المطلوب تغيير مقياس رسم الصور الجوية ذاتها أثناء عملية الإسقاط والشكل رقم (٢٤٢) يوضح تركيب الجهاز.



شكل رقم (٢٤٢)

ولاستخدام
الجهاز : تثبت الصورة
على الحامل الخاص
بها، ووجه ضوء
المصباح المثبت بفرع
المنشور نحو الصورة
الجوية. ننظر من
الثقب الموجود فى
قاعدة المنشور فنلاحظ
إسقاط ضوئى للصورة
الجوية على لوحة
الرسم، يعتمد فى
درجة وضوحه على

درجة الإظلام فى الحجرة، إذ يزداد وضوحه كلما كانت الغرفة أكثر إظلاماً.
توضع ورقة الرسم على اللوحة لتستقبل الإسقاط الضوئى للصورة الجوية.

بعد ضبط الجهاز تبعاً لمقياس الرسم المطلوب إنشاء الخريطة به، يحرر من
القلم الرصاص على حدود التفاصيل والظواهر المطلوب توقيفها. وبذلك يتم
رسم خريطة للمنطقة التى تبينها الصورة.

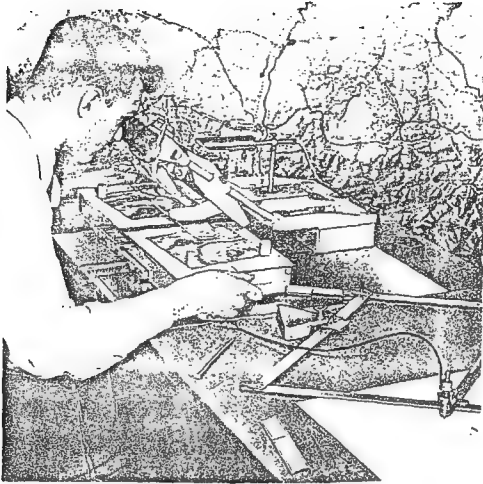
كما يمكن إستقبال الإسقاط الضوئى للصورة الجوية على خريطة تشتمل
المنطقة التى تمثلها الصورة. ثم ضبط الجهاز مع مقياس رسم الخريطة، مع
إستخدام العدسات فى حالة إختلاف مقياس رسم الخريطة عن مقياس رسم
الصورة الجوية. وتلمب نقط الربط التى يمكن إختيارها فى الصورة الجوية والتى
تظهر أيضاً فى الخريطة، دوراً كبيراً فى المعاونة على تطابق مسقط الصورة على
الخريطة. بعد ذلك يتم نقل المعالم المطلوب توقيفها على الخريطة.

والاستكش ماستر جهاز بسيط التركيب، يمكن للجغرافى إستخدامه مباشرة.
إذ لا يحتاج إلى مهارة خاصة أو خبرة سابقة فى إستخدامه ويعطى نتائج جيدة إذا
كانت المنطقة المطلوب رسم خريطة لها مستوية نسبياً. وميزة هذا الجهاز أنه يمكن
تعديل الصور فى حالة وجود ميل بسيط فيها فضلاً عن أنه يمكن إستخدام الصور
الجوية المفردة.

٣ - النقل بواسطة المجسمات ذات المرايا :

أدخلت بعض التعديلات على المجسمات ذات المرايا وقضيب الإبتعاد وذلك
بوصلهما معاً بطرق ميكانيكية، وتأخذ هذه الأجهزة المتطورة أسماء متعددة
مثل الأستريوجراف والأستريوميتر وغيرها. وكلها تعتمد على فكرة واحدة وهى
تتبع العلامة العالمة مع ملامتها لسطح الأرض عند منسوب معين وهذا التتبع
يترجم إلى خط مرسوم على اللوحة هو بالطبع خط الكنتور الذى يبين هذا
النسوب.

والشكل رقم (٢٣٥) ^(١) يوضح جهاز Stereotope والشكل التالى رقم
(٢٤٣) يبين جهاز إستريوميكرومتر Stereomicrometer ورغم أن الجهازين من
إنتاج شركتين مختلفتين إلا إنهما متشابهين من حيث التركيب.



شكل رقم (٢٤٣) جهاز إستريوميكرومتر طراز St45 إنتاج شركة Wild
 فالجهاز عبارة عن مجسم ذى مرابا متصل به قضيب الابتعاد، وقضيب
 الابتعاد يوازي قاعدة ابصار المجسم. والإثنان متصلان بقاعدة ثابتة. وللجهاز قاعدة
 خاصة توضع عليها أزواج الصور الاستريوسكوبية. ويمكن تحريك هذه القاعدة مع
 بقاء خط الطيران بالصور الجوية موازياً للمحور البصرى للمحور ولقضيب
 الابتعاد. ومتصل بالقاعدة فى جانبها الأيمن تجويف يوضع فيه القلم الرصاص
 فى حالة ما إذا كانت الخريطة المطلوبة بنفس مقياس رسم الصور الجوية
 المستخدمة. أو يوضع فيه : ور المركزى للباتوجراف Pantograph ^(١) فى حالة
 الرغبة فى الحصول على خريطة ذات مقياس رسم يختلف عن مقياس رسم الصور
 الجوية.

ولاستخدام الجهاز فى رسم الخرائط الكنتورية يجرى الآتى :

(١) الباتوجراف جهاز يستخدم فى تكبير وتصغير الخرائط.

١ - توضع الصورتان المتداخلتان على القاعدة الخاصة بالجهاز ويتم ضبط الصور إستريوسكوبيا حتى يظهر النموذج المجسم لمنطقة التداخل بين الصورتين.

٢ - يتم إختيار نقطة في النموذج المجسم معلوم منسوبها. وعادة ما تكون هذه النقطة نقطة مثلثات أو هدف سبق تحديد منسوبه. وتحرك قاعدة الجهاز حتى تنطبق العلامة المحفورة على الشريحة الزجاجية اليسرى في قضيب الإبتعاد على هذه النقطة المعلومة المنسوب في الصورة اليسرى. يحرك الميكرومتر في قضيب الإبتعاد حتى تنطبق علامة الشريحة الزجاجية اليمنى على نفس النقطة المعلومة المنسوب في الصورة اليمنى، حتى تصبح العلامتان علامة واحدة (العلامة العائمة) وملامسة لسطح الأرض عند هذه النقطة. وتدون القراءة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر.

ونلاحظ هنا أن القاعدة الموضوع فوقها الصورتان هي التي تتحرك بدلاً من حركة الجسم ذاته أو قضيب الإبتعاد.

٣ - ثبت لوح من ورق الرسم بجوار الجهاز، ثم يوضع القلم الرصاص في مكانه الخاص بقاعدة الجهاز (يفرض أن الخريطة المطلوب إنشاؤها بنفس مقياس رسم الصورة المستخدمة) وتحرك القاعدة مع مراعاة أن تظل العلامة العائمة ملائمة دائماً لسطح الأرض. وبذلك ينتج خط كنتور منسوبه هو منسوب هذه النقطة السابق ضبط العلامة العائمة عليها.

٤ - لرسم خط كنتور آخر أعلى أو أدنى في منسوبه، يتم حساب الإبتعاد لهذا الخط الكنتوري على أساس أن : $ح ب = ح أ \pm \Delta ح$

إبتعاد خط الكنتور الجديد = إبتعاد خط الكنتور السابق \pm فرق الإبتعاد

(+ ح في حالة المنسوب الأعلى، - ح في حالة المنسوب الأدنى).

$$\text{ولحساب فرق الإبتعاد } \Delta ح = \frac{\Delta ل \times ق م}{ح}$$

حيث $\Delta ل$ الفاصل الرأسى بين كل خط كنتور وآخر.

مثال :

تم ضبط قضيب الإبتعاد على منسوب ٥٠ متراً وكانت قراءته ٨٥,٦٣ ملليمترًا والمطلوب رسم خطوط الكتور كل ١٠ أمتار. فكم تكون القراءة الواجب ضبط قضيب الإبتعاد عليها عند رسم خطى الكتور ٤٠ متراً، ٦٠ متراً. علماً بأن إرتفاع الطيران ٥٠٠٠ متر وطول خط القاعدة ٥٥ ملليمترًا (على الصورة الجوية).

$$\text{الإجابة : } \Delta \text{ ح} = \frac{\Delta \text{ ل} \times \text{ق م}}{\text{ع}} = \frac{٥٥ \times ١٠}{٥٠٠٠} = ٠,١١ \text{ ملليمتر}$$

أ - قراءة قضيب الإبتعاد عند منسوب ٦٠ متراً

$$\text{ح ب} = \text{ح أ} + \Delta \text{ ح} = ٨٥,٦٣ + ٠,١١ = ٨٥,٧٤ \text{ ملليمترًا}$$

ب - قراءة قضيب الإبتعاد عند المنسوب ٤٠ متراً

$$\text{ح ب} = \text{ح أ} - \Delta \text{ ح} = ٨٥,٦٣ - ٠,١١ = ٨٥,٥٢ \text{ ملليمترًا}$$

ونلاحظ أنه من مميزات الجسم إنشاء الخرائط الكتورية، ولكن هذه الميزة تعتمد إذا كان هناك مول فى الصور الجوية. أى أن الصور الجوية المستخدمة يجب أن تكون رأسية تماماً.

ولقد أدى تقدم المساحة التصويرية إلى إختراع أنواع حديثة متطورة من أجهزة التوقيع الآلية الاستريوسكوبية Automatic Stereoscopic Instruments أخذت فى الإعتبار عند تصميمها أن تقوم بعدة عمليات فى آن واحد. من أهم هذه العمليات التخلص من الميل إذا وجد فى الصور الجوية المستخدمة، ونقل التفاصيل والمعالم من الـ ورجوية (وهى عبارة عن إسقاط مخروطى) إلى لوحة الرسم أو الخريطة بإسقاط عمودى، كذلك بيان موقع أى نقطة فى الصور على الخريطة دون الإلتجاء إلى العمليات الحسابية، بالإضافة إلى رسم خطوط الكتور بفواصل رأسى صغير.

وهذه الأجهزة معقدة التركيب وغالية الثمن، ويقتصر استخدامها على هيئات إنتاج الخراطى وتعتبر ألمانيا وسويسرا من الدول الشهيرة فى إنتاج مثل هذه الأجهزة. والشكل رقم (٢٤٤) يبين مثالا لأحد هذه الأجهزة وهو جهاز: AVIOMAP - A. 10 وقد أنتجه شركة Wild السويسرية عام ١٩٨٥.

تمارين

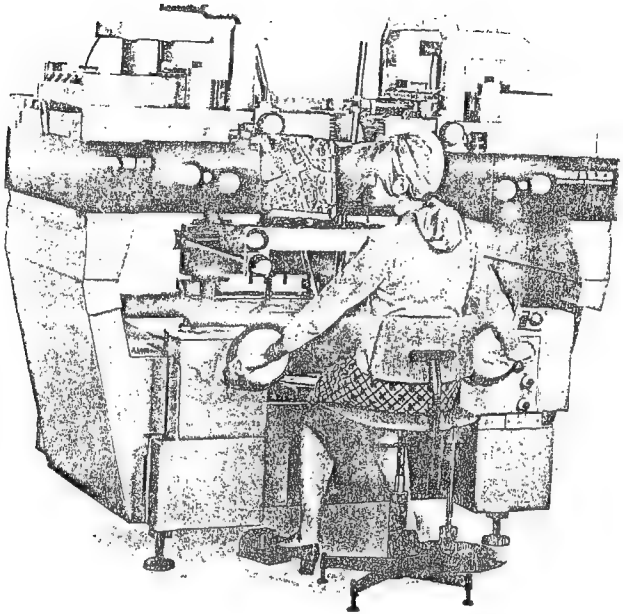
١ - مطلوب إنشاء خطوط كنتور كل ٣٠ متراً تبدأ من منسوب صفر وتنتهى عند ١٨٠ متراً من صورتين جوهيتين متتاليتين باستخدام الاستريوسكوب، علماً بأن طول خط القاعدة ٤٥ ملليمترًا وارتفاع الطيران ٣٠٠٠ متر وقراءة قضيب البرلاكس عند منسوب ١٢٠ متراً = ١٨,٦٠. كم تكون قراءة قضيب البرلاكس عند مناسيب خطوط الكنتور المطلوبة.

٢ - فى دراسة مورفومترية لوادى نهري ظهر فى صورتين متتاليتين أبعاد كل منهما ٢٤ × ٢٤ سم والتداخل الطولى ٥٠٪ والبعد البؤرى لآلة التصوير ١٨ سم وكان متوسط منسوب سطح الأرض يتراوح بين ٨٠ ، ٥٢٠ متراً ومنسوب مصب الوادى ٤٠٠ متر. وطوله من المنبع إلى المصب ٥٦,٥ سم. ويقاس ابتعاد كل من مصب الوادى وشعبه باستخدام قضيب البرلاكس فكانتا ٣,٥٤ و ٦,٨٤ ملليمتر.

والمطلوب : - معرفة منسوب منبع الوادى.

- معرفة نسبة إنحدار مجرى الوادى ودرجة الإنحدار.

٣ - خزان مياه يظهر فى صورتين جوهيتين متتاليتين التداخل بينهما ٥٠٪ وأبعاد كل منهما ٢٤ × ٢٤ سم ومقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠ والبعد البؤرى لآلة التصوير ٢٠ سم ومتوسط سطح الأرض ١٥٠ متراً عن سطح البحر. قيس فرق الاعتماد لكل من قاعدة الخزان وقيمته فكانتا ٤,٥٥ ، ٧,٨٧ م. والمطلوب معرفة لارتفاع الخزان ومنسوب قمته عن سطح البحر علماً بأن منسوب قاعدته ٥٠ متراً.



شكل رقم (٢٤٤) جهاز Aviomap A10 إنتاج شركة وايلد Wild

٤ - من صورتين جويتين متباينتين - يراد تعيين منسوب كوبرى (أ) فأخذت نقطة مثلثات قريبة منه (ب) ظاهرة فى الصورتين معلوم منسوبها وهو ٤٥٠ متراً. قيس فرق الابتعاد بينهما فكان + ٠.٦ سم وكان لإرتفاع الطيران ٥٠٠٠ متر والمسافة بين النقطتين الأساسيتين ٣٠ سم فما هو منسوب الكوبرى.

٥ - أثناء رسم خريطة كنتورية من صورتين باستخدام الأستريوسكوب وقضيب البرلاكس. كانت المعلومات الآتية : لإرتفاع الطيران ٦٠٠٠ متر وطول خط القاعدة ٦٠ ملليمتر وقراءة قضيب البرلاكس عند منسوب صفر ١٢, ٥٤ ملليمتر. كم تكون قراءته عند المناسب الأعلى كل ٢٠ متراً وحتى ١٢٠ متراً.

٦ - فى صورتين جويتين 30×30 سم بقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ونسبة تداخل طولى ١/٦٠ ومتوسط سطح الأرض + ٢٠٠ متر والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٠ سم . ظهرت حافة جبلية منحدره إلى ساحل البحر. بقياس قيمة الابتعاد باستخدام قضيب البرلاكس كانت ٢,٣٢ سم عند ساحل البحر و ٧,٩٢ ملليمتر عند القمة. بقياس المسافة الأفقية بين القمة والسفح وجدت ٤,٦٥ سم.

والمطلوب : - معرفة منسوب قمة هذه الحافة الجبلية عن سطح البحر.

- معرفة نسبة إنحدار هذه الحافة.

- ما نوع العدسة المستخدمة فى هذه الصورة.



قراءة الصور الجوية

تكتمل فائدة الصور الجوية بقراءتها وتفسير ما بها من ظواهر طبوغرافية. وفي اللوحات التالية من رقم (١) إلى رقم (١٦) مجموعة من الصور الجوية المختارة، تشمل عديداً من الظواهر الجغرافية المختلفة. وهذه اللوحات عبارة عن أزواج من الصور الجوية المتداخلة، تم ضبطها إستريوسكوبيا ثم أعيد طبعها حتى يمكن رؤيتها بالمجسم الجيبي. ويمكن للقارئ إستخدام المجسم الجيبي لمشاهدة هذه اللوحات إستريوسكوبيا. وفيما يلي تفسيراً للظواهر الرئيسية بهذه اللوحات، ويمكن للقارئ أن يتبين مزيداً من التفاصيل :

لوحه رقم (١) : ثلاثة كريلون Crillon Glacier (الاسكا) :

مقياس الرسم ١ : ٤٠٠٠٠ هي ثلاجة ضخمة تنحدر من حقل جليدى وتنتهى إلى فيورد (فى غرب اللوحه). والوادي الذى تشقه الثلاجة ذو جوانب شديدة الإنحدار وعلى شكل حرف U. وتظهر على جانبيها الركامات الجليدية الجانبية. وحيث ترفدها ثلاجات صغيرة تتحول هذه الركامات الجانبية إلى ركامات وسطى تمتد فى وسط الثلاجة. وقرب النهاية يقل سمك الثلاجة بسبب الدوبان. يظهر على سطح الثلاجة حطام كما يظهر بها شقوق عرضية وهو دليل على حركتها وانحدارها. وفى شمال اللوحه تبدو ثلاجة معلقة، تسقط مياهها المذابة على شكل مساقط مياه (شلالات) تنحدر إلى الثلاجة الرئيسية.

لوحه رقم (٢) : لونجبيك Longs Peak (كلورادو) :

مقياس الرسم ١ : ٤٩٠٠٠ . وهى أعلى قمة فى جبال روكى تظهر قممها الحادة بسبب مقاومة صخورها الصلبة لعوامل التمرية الجليدية (فى الماضى). وتختلف عن النحت الجليدى، الحلقات Cirque ، وتظهر حلبة كبيرة فى جنوب غرب اللوحه. كما يظهر وادياً جليدياً يتجه نحو الشمال الغربى، تشقله فى الأجزاء المنخفضة منه - بعض الإرسابات الجليدية.

لوحه رقم (٣) : وادى الموت Death Valley (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠ . تمثل اللوحه النهاية الشمالية من سلسلة

باتامنت Panamint Range حيث ترتفع فجأة من وادى الموت وقد قطعت السلسلة نتيجة التعرية المائية. وتتشقق ثلاثة مجارى مائية من الخواثق الموجودة فى السلسلة مكونة دالات مروحية فيضية كبيرة ذات إنحدار شديد نوعاً، كما يتشطر الحطام على المنخفض المجاور. ويظهر فى غرب اللوحة العديد من الكتيبان الرملية. يظهر أيضاً طريق يتتبع المناطق الأقل إنحداراً على جوانب الدالات المروحية.

لوحة رقم (٤) : جنوب شرق صحراء كاليفورنيا (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠ . هذه اللوحة لمنطقة تقع بين جبال شوكلات Chocolate Mt. وبحر سالتون Salton Sea (ويقعان خارج نطاق اللوحة إلى الشرق والغرب بالترتيب). تظهر مساحات كبيرة من الحطام والمفتتات التى انتقلت من على منحدرات الجبال فى إتجاه بحر سالتون. تمثل الخطوط الكثيرة المتشابكة، مجارى مائية مؤقتة وهى التى تساعد على حركة هذه المفتتات. ونتيجة للإرتفاع المستمر لهذه الإرسابات، فقد بدأت تفوس تحتها التلال الأقل فى المنسوب. ولم يبق منها سوى قسم منعزلة تظهر على شكل جزر وسط هذه المفتتات (Inselberges).

لوحة رقم (٥) : بحيرة حدود الحصان Horse shoe lake (الميسيبى) :

مقياس الرسم ١ : ١٨٨٠٠ . توضح اللوحة جزءاً من نهر تلاهاتشى Tallahatchie River ، الذى يجرى فى الشمال الغربى من السهل الفيضى العريض الذى أنشأه نهر الميسيبى. ويدنو النهر كثير المنحنيات Mianders بسبب إستواء السطح تقريباً وبطء إنحدار الوادى الذى يظهر منخفضاً قليلاً عن المصطبة المغطاة بالغابات التى تجاوره. وتظهر البحيرات المقطعة ox bow lakes بمضها جاف وبعضها مازالت تغذى مياه الفيضان. وفى شمال اللوحة حيث المنطقة الغاية، تظهر أشربة داكنة اللون. وهذه عبارة عن مجارى مائية متشابكة قليلة التعرج ومهجورة حالياً. تزداد كثافة الأشجار فيها لأنها أقل إنخفاضاً عما حولها وأكثر خصباً لذلك ظهرت باللون الرمادى الداكن.

حادة فى أجزائها العليا بينما تقل حداثتها فى المناطق السفلى من الجبل . ويتكون من الحمم البركانية التى امتدت وارتفعت وقت ثوران البركان . تظهر الفوهة Crater فى وسط المخروط . كما تظهر بقايا اللافا البركانية القديمة متجمعة على الجانبين الأيسر والأيمن ، حيث يظهر تدققها على شكل مجرى متسع به تجمعات تشير إلى اتجاه حركة اللافا . يظهر أيضاً طريق حلزوني الشكل يتجه صاعداً وينتهى عند حافة الفوهة الأقل ارتفاعاً .

لوحة رقم (١٠) : رأس كوكى Koke head (هاوى) :

مقياس الرسم ١ : ٤٩٠٠٠ . تبين اللوحة منطقة ساحلية إلى الشرق من مدينة هونولولو بوضعة أميال . حيث تظهر سلسلة من فوهات البراكين على طول خط مستقيم موازى للساحل من الشمال الشرقى نحو الجنوب الغربى . وقد إنشقت اللافا على طول شق باطنى Fissure وظهرت على السطح فى مواقع عدة . ورأس كوكى (فى أقصى الشمال) قد تكون نتيجة لثوران بركانى له قصبته . وقد استطاع أن ينحت حافة الفوهة الجنوبية مما جعلها تصبح خليجاً صغيراً . وفوهة كوكى (إلى الجنوب الغربى من رأس كوكى) لها أيضاً قصبته ، ويظهر أن اللافا قد إنسكبت من الفوهة العليا إلى الفوهة الأقل فى الارتفاع . والسلاسل الحادة التى تظهر فى أسفل اللوحة عبارة عن لافا قديمة تم نحتها . ويظهر على طول الساحل الشمالى الشرقى نطاق من الشعاب المرجانية Coarl Reefs .

لوحة رقم (١١) : خائق بلاك دراغون Black Dragon Canyon (أوتاه) :

مقياس الرسم ١ : ٤٢٥٠٠ . هذه اللوحة تمثل الجانب الشرقى لهضبة سان رافائيل فى وسط ولاية أوتاه ، حيث تبدو مجموعة من الطبقات تميل من أسفل اللوحة إلى أعلاها أى من الجنوب نحو الشمال . وقد كونت الطبقات الصلبة حافات مقوسة القمة تسمى (Hogbacks أو ظهور الخنازير) ، عادة ما تكون نهايتها العليا على شكل حرف V - تسمى « المكواه - Flatiom » وهذه التواءات المدينة تفصل بينها تجاريف تشققها مجار صغيرة ، تعبر فيها الطبقات

الصلابة فى خواتم مائية. فى أعلى اللوحة يظهر وادى فيضى على شكل ثنية ويجرى فيه نهر متعرج المجرى. ويبدو أحد جوانب هذا الوادى متدرج الانحدار، بينما الجانب الآخر شديد الانحدار.

لوحة رقم (١٢) : سلسلة Lookout (الاسكا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٩٤٠٠ . تظهر هذه الحافة فى شمال الاسكا وهى تبين نمطاً من أنماط البنية. وتتكون من طبقتين صلبتين تميل بحدّة نحو الشمال الشرقى، و السطوح العليا لهذه الطبقات لونها فاتح ويمكن تتبعها بسهولة. والحافة مقطعة بأربعة إنكسارات واضحة، أدت إلى اختلاف لارتفاعاتها. وتظهر الطبقات اللينة متموجة السطح. كما يظهر نهر ذو نمط شجرى يضيق واديه فى بعض المناطق، خاصة عند عبوره الطبقات الصلبة.

لوحة رقم (١٣) : أخدود سان أندرياس San Andreas Rift (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٨٦٧٠٠ . وهو إنكسار عظيم حدث فى زلزال عام ١٩٠٦ وكانت الحركة الأفقية أكثر منها رأسية، حتى أن التركيب الجيولوجى لأحد جانبيه يناظر جانبه الآخر على بعد ٥٠ ميلاً. وخط الإنكسار يبدو مستقيماً من جنوب شرقى اللوحة نحو شمالها الغربى. الجبال فى شمال اللوحة تبدو ناضجة النحت. الخطوط البيضاء على قمم الجبال عبارة عن بقايا إندساسات نارية. كما يظهر فى أقصى شمال اللوحة بحيرة (اللون الداكن) يحتجز مياهها سد فى شمالها الشرقى. أما الشكل المخطط فى جنوب غرب اللوحة، فهو نمط زراعى، حيث يزرع شريط ويترك الآخر مغطى بالحشائش والأعشاب للحد من فعل الرياح.

لوحة رقم (١٤) : جنوب الهمارل South Albemarle (كارولينا الشمالية) :

مقياس الرسم ١ : ١٦٥٠٠ . تمثل اللوحة أنماطاً نباتية مختلفة فجزء منها مزروع والآخر غابى..وقد تم تصويرها على فيلم بالأشعة تحت الحمراء. تظهر مناطق الأشجار الصنوبرية بلون رمادى داكن (ربما تكون مزروعة). أما اللون الرمادى الفاتح فيمثل مناطق لغابات أشجار مختلطة. وتظهر الحقول الزراعية بلون

رمادى فاتح جداً. وفى شمال غرب اللوحة تبدو أشجار فى خطوط منتظمة، هى فى الغالب بساتين للفاكهة. كما يظهر فى الجانب الغربى مبنى ذو حوائط مرتفعة وأبراج ويجاربه بعض المساكن. يظهر فى اللوحة أيضاً نهر وطرق وكوبرى ومساكن ريفية.

لوحة رقم (١٥) : مناجم نحاس سانتا ريتا Santa Rita (لومكسيكو) :

مقياس الرسم ١ : ٣٨٥٠٠ . عبارة عن منطقة شبه مستديرة من الصخور النارية المتداخلة (من الحجر الخفاف Porphyry) يتوزع النحاس بكميات صغيرة خلال هذه الصخور، لذلك لابد من تكسيرها لتركيز الخام منها. ويتم التعدين على شكل سلسلة من المصاطب على مناسيب متتالية من حافة المنجم إلى قاعة، ويمكن تمييز عشرة مدرجات على يسار المنجم. وتظهر مباني ومنشآت الشركة فى موقع وسط منطقة لم يتم تعدينها بعد. وتظهر الصخور الناتجة بعد سحقها وفصل الخام منها على شكل كوم ضخمة للنفايات يشبه دالة مروحية فيضية ذات قمة حادة.

لوحة رقم (١٦) : نهر كالامازو Kalamazoo R. (ميتشجن) :

مقياس الرسم ١ : ٩٦٠٠ . توضح اللوحة منطقة صناعية قرب مدينة ميتشجن تظهر بوضوح مباني المنشآت الصناعية بمداخلها المرتفعة. ويظهر حوض للترسيب فى غرب اللوحة ومقبرة للسيارات إلى الشرق من السكة الحديد كما يظهر مصنع ألقى بنفاياته فى النهر (فى الشمال الغربى) مما أدى إلى تغير لون مياهه ويمكن مشاهدة ملامح أخرى عديدة تتميز بها المناطق الصناعية.

وفى الصفحات التالية نماذج للصور الأستريوسكوبية للوحات السابق الإشارة إليها والتي يمكن تجسيمها ومشاهدتها مجسمة باستخدام الأستريوسكوب الجيبى.

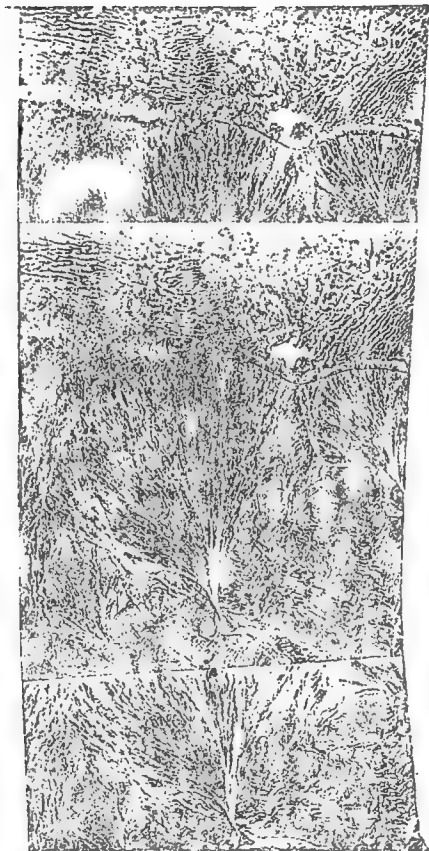
لوحة رقم (١)





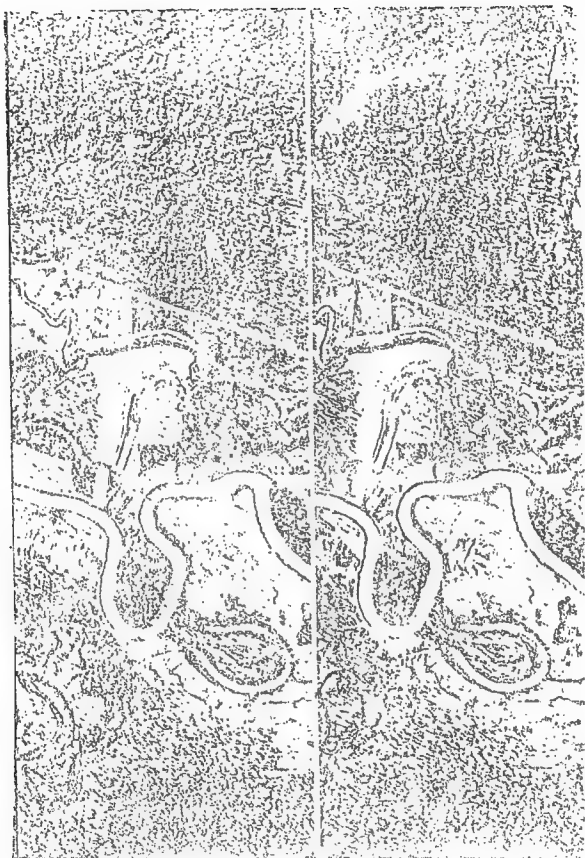
لوحة رقم (٢)

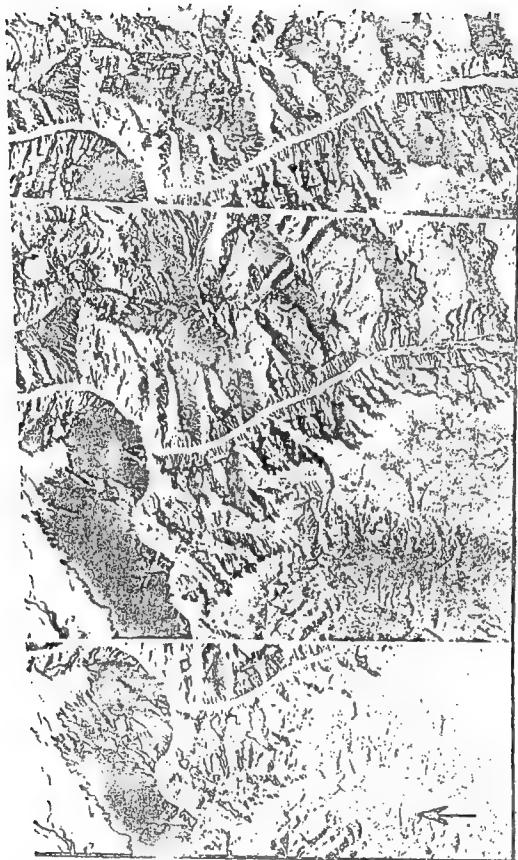
نوروز (۱۳)



لوحة رقم (٤)





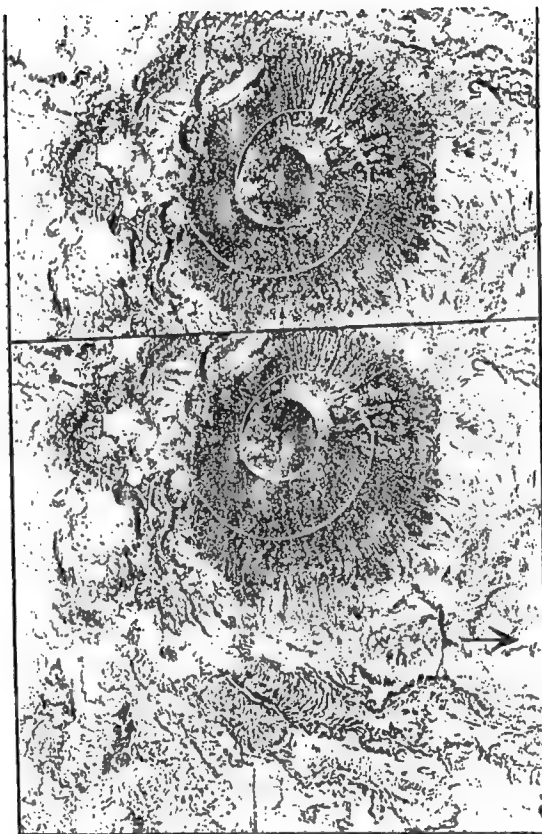


۱۳۱





کوه دلم (۱۷)

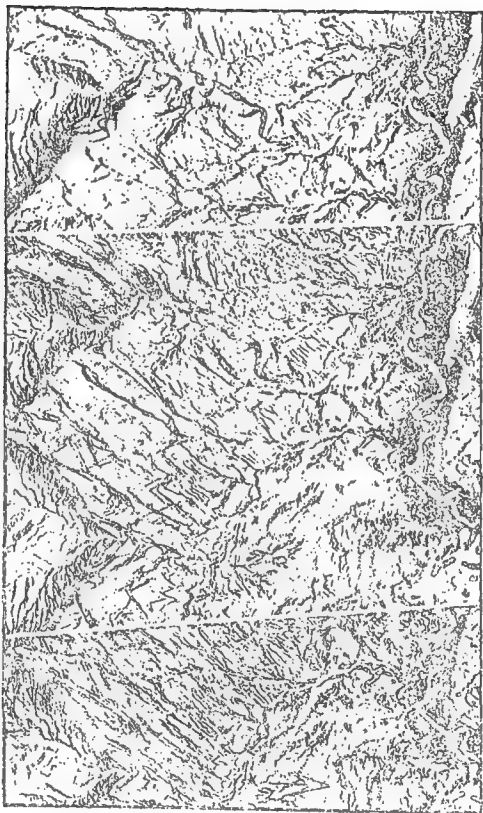


لوحة رقم (٩)

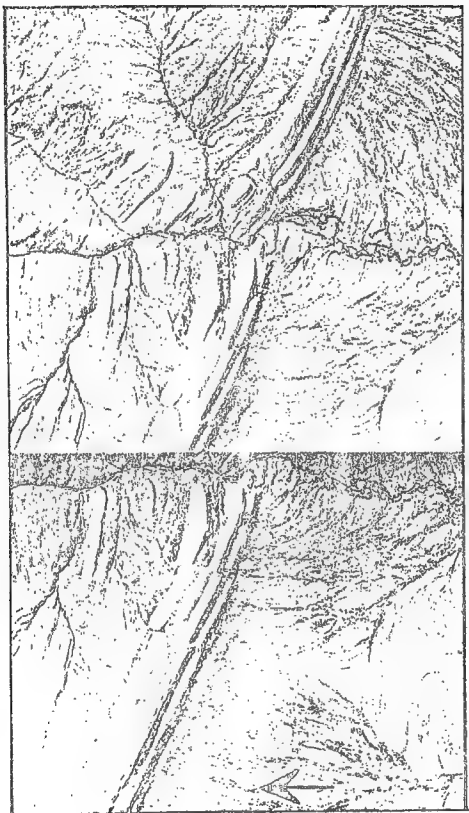


لوحة رقم (٩٠)

رسم رقم (۱۱)

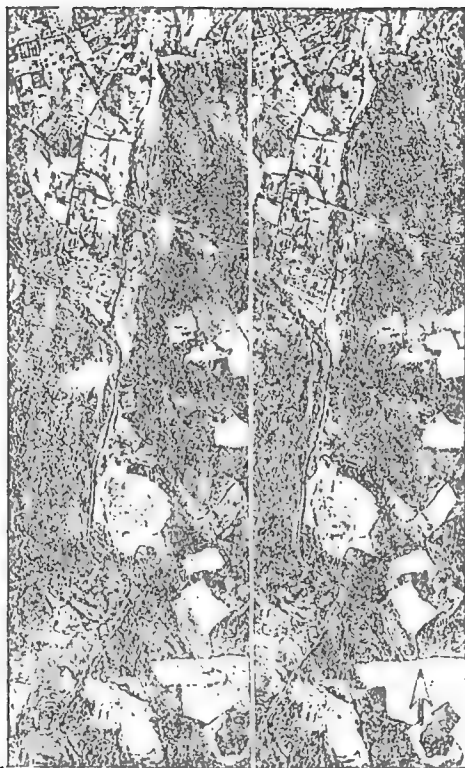


لوحة رقم (١٢)





لوحة رقم (١٣)



لرحمة (قسم ۱۵)





کوه زیم (۱۸)

المراجع

أولاً : المراجع العربية:

- * أحمد أحمد مصطفى : الجغرافية العملية والخرائط - الاسكندرية، ١٩٨٦ .
- * أحمد نجم الدين فليحة : الجغرافية العملية والخرائط - الطبعة الثالثة - الاسكندرية، ١٩٧٦ .
- * بطرس عوض الله : المساحة المستوية والجيوديسية - القاهرة، ١٩٥٢ .
- * عبد الحميد القشيري : المساحة - القاهرة ، ١٩٦٦ .
- * علي شكرى : المساحة المستوية والتصويرية ، مطبوعات جامعة أسيوط - الاسكندرية، ١٩٦٠ .
- * علي شكرى : المساحة والطبوغرافيا - الجزء الثانى - الطبعة الثانية - الاسكندرية، ١٩٦٨ .
- * علي شكرى ، محمود حسنى، محمد رشاد مصطفى : المساحة المستوية - طرق الرفع والتوقيع - الاسكندرية، ١٩٧٨ .
- * علي شكرى ، محمود حسنى، محمد رشاد مصطفى : المساحة التصويرية والقياس الالكترونى ونظرية الأخطاء - الاسكندرية ، ١٩٨٠ .
- * محمد رجائي الطحلاوى : الجيولوجيا التصويرية - الكويت ، ١٩٧٩ .
- * محمد صبحى عبد الحكيم، ماهر الليثى : علم الخرائط - الجزء الأول - القاهرة، ١٩٦٦ .
- * محمد فريد فتحى : تمارين فى المساحة، دار المعارف - الاسكندرية، ١٩٦٦ .
- * محمد متولى موسى ، إبراهيم رزقانة : قواعد الجغرافيا العملية - القاهرة ، ١٩٦٦ .
- * محمد محمد شليحة : الجغرافية العملية وقراءة الخرائط - الطبعة الثانية، بيروت، ١٩٧٤ .
- * محمود عبد اللطيف عصفور، محمد عبد الرحمن الشرنوبى : الخرائط ومبادئ المساحة - القاهرة، ١٩٧٠ .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

- Bagley; J. W. : Aerophotography and Aerosurveying - New York, 1947.
- Bayer; Robert E., & Snyder; P. B. : Aerial Stereo Studies, Hubbard Press. Illinois 1970.
- Bygott; J. : An Introduction to Mapwork and Practical Geography. 8th Ed., London, 1962.
- Davis, R. E., & Foote; F. S. : Surveying, Theory and Practice, New York, 1953.
- Hinks; A. R. : Maps and Survey 5th Ed., Cambridge 1947.
- Jackson; : Surveys for Town and Country Planning, London, 1963.
- Kneeshow; R. : Practical Urban Geography, London 1972.
- Latman; L. H. & Ray; R. G. : Aerial Photographs in Field Geology, New York, 1965.
- Low; J. W. : Plane Table Mapping, Harper Brothers, London 1954.
- Miller, V. C. : Photogeology, New York, 1967.
- Monkhouse; F. J. & Wilkinson; H. R. : Maps and Diagrams 3rd Ed. Reprinted, London, 1976.
- Raisz, E. : General Cartography, 2 nd Ed., New York, 1984.
- Robinson; A. H. : Elements of Cartography, 2 nd Ed., New York, 1960.
- Spurr; S. H. : Photogrammetry and Photointerpretation, New York, 1960.
- Wanless; Harold R. : Aerial Stereo Photographs 3 rd Ed. Hubbard Press, Illinois. 1973.

محتويات الكتاب

٥ - ١	تصانير
	مقدمة :
١٥ - ٧	- تعريف علم المساحة
١٠	- أقسام المساحة
٤٠ - ١٥	الفصل الأول : مقياس الرسم
١٦	- مقياس الرسم الكتابية
١٧	- مقياس الرسم الخطية
٢٨	- إختيار مقياس رسم مناسب للخريطة
٢٩	- إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة المقياس
٣١	- أمثلة وتمارين
٦٢ - ٤١	الفصل الثاني : الورتيات
٤٢	- تصميم الورتية
٤٤	- الورتيات الأمامية
٤٨	- الورتيات المعكسية
٥٠	- الورتيات المزدوجة
٥٢	- المقياس الإضافي
٥٤	- أمثلة وتمارين
١٠٨ - ٦٣	الفصل الثالث : طرق إيجاد المساحات
٦٤	- وحدات المساحات
٦٥	- مساحة الأشكال المنتظمة (الهندسية)
	- مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط
٦٨	مستقيمة
٧٥	- مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بمنحنيات
٨١	- مساحة الأشكال ذات الحدود المتعرجة

٨٦	- الطرق الآلية لإيجاد المساحات
٨٦	* البلا تي متر العادي
٩٢	* البلا تي مترات الرقمية
١٠١	* مسطرة التقدير
١٠٦	- تمارين
١٥٨ - ١٠٩	الفصل الرابع : المساحة بالجزير
١٠٩	- الأدوات المستخدمة في المساحة بالجزير
١١٣	- قياس المسافة بين نقطتين
١١٣	* القياس على أرض مستوية
١١٥	* " " " " " منحدرة
١١٨	- أسقاط وإقامة الأعمدة على خط الجزير
١١٩	* باستخدام الشريط
١٢٠	* " " الأجهزة
١٢٦	- رفع منطقة بطريقة الجزير
١٣٥	- العقبات والعمليات التي يمكن إجراؤها بالجزير
١٣٩	- أمثلة وتمارين
٢١٠ - ١٥٩	الفصل الخامس : المساحة بالبوصله
١٥٩	- مقدمة
١٦١	- البوصله المنشورية
١٦٤	- قياس الانحرافات بالبوصله
١٦٤	* الانحراف الازاوى
١٧١	* " " المختصر
١٧٣	- رفع منطقة باستخدام البوصله المنشورية

١٧٤	* طريقة الثبات أو الإشعاع
١٧٦	* طريقة التقاطع
١٧٨	* طريقة اللف والدوران
١٨٢	- تصحيح خطأ القفل
١٨٦	- أمثلة وتمارين
٢٤٨ - ٢١١	الفصل السادس : المساحة باللوح المستوية (البلاشيطة)
٢١٢	- الأدوات المستخدمة فى المساحة باللوح المستوية
٢٢٠	- إستخدام اللوح المستوية
٢٢٢	- طرق الرفع باللوح المستوية
٢٢٢	* طريقة الإشعاع
٢٢٤	* طريقة اللف والدوران
٢٢٩	* طريقة التقاطع الأمامى
٢٣١	* طريقة التقاطع المكس
٢٣٤	- ملاحظات عامة على إستخدام اللوح المستوية
٢٣٧	- مصادر الأخطاء فى الرفع باللوح المستوية
٢٣٨	- القياس التاكيومترى مع اللوح المستوية
٢٤٠	* طريقة شمرات الاستاديا
٢٤١	* طريقة الظلال
٢٤٥	- تعيين الثابت التاكيومترى للألبيدات
٢٤٦	- تمارين
٣١٢ - ٢٤٩	الفصل السابع : المساحة بالتبؤدوليت
٢٤٩	- التبؤدوليت ذو الوزنية والتركيب
٢٥٤	- إستعمال التبؤدوليت فى قياس الزوايا

٢٥٦	أولاً : قياس الزوايا الأفقية
٢٥٦	* طريقة التكرار
٢٥٧	* طريقة الزوايا الفردية
٢٥٩	* طريقة الاتجاهات
٢٦٢	ثانياً : قياس الزوايا الرأسية
٢٦٣	- توافير التبادوليت
٢٦٣	* المضلع المقفل
٢٧٦	* التوافير الموصل
٢٨٠	- أمثلة
٣٠٥	- تصارين
٣٥٦ - ٣١٣	الفصل الثامن : الميزانية
٣١٣	- مقدمة
٣١٤	- أنواع الروبورات
٣١٧	- الأجهزة المستخدمة في الميزانية
٣٢٨	- أنواع الميزانية
٣٢٩	- طريقة إجراء الميزانية
٣٣٢	- طرق حساب المناسيب
٣٤٠	- الأخطاء وكيفية التخلص منها
٣٤٨	- بعض العقبات في الميزانية وكيفية معالجتها
٣٥٣	- تشكيل القطاعات
٤٢٦ - ٣٥٧	الفصل التاسع : الميزانية الشبكية وتقدير الكميات
٣٥٧	* طريقة المربعات أو المستطيلات
٣٥٩	* طريقة الإشعاع

٣٦٣	* الطريقة المباشرة
٣٦٥	* طريقة النقط المتفرقة
٣٦٧	* طريقة خط السير
٣٦٩	* طريقة القطاعات الطولية والعرضية
٣٧٠	- طرق رسم خطوط الكنتور
٣٧٥	- حساب كميات الحفر والردم
٣٧٨	- تسوية الأراضي
٣٨٩	- حساب تسوية الأراضي بطريقة كنتور الحفر والردم
٣٩٢	- أمثلة
٤٢٧ - ٤٧٠	الفصل العاشر: المساحة التصويرية
٤٢٧	- مقدمة تاريخية
٤٣١	- تعريف المساحة التصويرية
٤٣٤	- أنواع الصور الجوية
٤٤٢	- مراحل المسح الجوي
٤٤٩	- إنشاء الموزيك (الخرائط المصورة)
٤٥٦	- بعض العلاقات الأساسية
٤٥٧	* لارتفاع الطيران
٤٥٨	* طول خط القاعدة
٤٥٩	* عدد خطوط الطيران (الشرائح)
٤٦٠	* حساب عدد الصور اللازمة لمنطقة
٤٦٢	* تحديد مقياس رسم الصور الجوية
	* تحديد أقصى مدة لسرعة فتح عدسة آلة التصوير
٤٦٤	

٤٦٥	* قياس الإزاحة الناتجة بسبب إختلاف المناسيب
٤٦٧	- تمارين
٤٧١ - ٥٠٣	الفصل الحادى عشر: إستخدام الصور الجوية
٤٧١	- الإبصار المجسم
٤٧٣	* المشاهدة المجسمة من الصور الجوية
٤٧٨	* أجهزة الإبصار المجسم
٤٨٤	* المبالغة الرأسية
٤٨٦	-- قياس الارتفاعات من الصور الجوية
٤٨٦	* الإبتعاد المطلق و فرق الإبتعاد
٤٨٩	* قياس فرق الإبتعاد
٤٩٢	* مصادر الأخطاء فى قياس فرق الإبتعاد
٤٩٤	- رسم الخرائط من الصور الجوية
٤٩٤	* النقل اليدوى
٤٩٦	* النقل بواسطة الاسكتش ماستر
٤٩٧	* النقل بواسطة المجسمات ذات المزايا
٥٠٣	- تمارين
٥٠٤ - ٥١٠	- قراءة الصور الجوية
٥١١ - ٥٢٦	* صور استريوسكوبية
٥٢٧ - ٥٢٨	المراجع
٥٢٩	محتويات الكتاب

المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

• الجزء الأول والجزء الثاني •



مكتبة

محمد فريد فتحي

قسم الجغرافيا - جامعة الإسكندرية



المساحة المستوية والتصويرية
الجزء الأول والجزء الثاني
محمد فريد فتحي
قسم الجغرافيا - جامعة الإسكندرية



Bibliotheca Alexandrina



1019186

